Tijdschrift van het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
DEEL 29 No.5 1964

Elektrische metingen in de werktuigbouwkunde

door P. de Waard *)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap op 10 oktober 1963.

Summary

This paper gives a short survey on current methods, in use for the measurement of mechanical quantities.

Classifications are given for different transducer types, measurement of transducer signals is discussed, methods for excitation of mechanical vibrations are summarized, and recorders for output data are considered.

A short description is given of a system for digitizing f.m. recordings from instrumentation tape recorders.

Two examples of instrumentation systems are given.

1. Inleiding

Het is uiteraard onmogelijk, in kort bestek een enigszins volledig overzicht te geven van de toepassingen der elektrische en elektronische meettechnieken in de werktuigbouwkunde. Het hierna volgende is alleen een poging, om een indruk te geven van de stand der techniek, waarbij aangenomen is, dat de lezer op de hoogte is van de technieken voor het meten van elektrische stromen, spanningen, impedanties, frequenties, enz.

Een groot deel van de stof heeft betrekking op het omzetten van mechanische in elektrische grootheden. De typische eigenschappen van de omzetters en het praktisch gebruik daarvan veroorzaken bepaalde eigenaardigheden der elektrische appara-

*) Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies (IWECO-TNO)

tuur, waardoor deze zich onderscheidt van apparatuur uit andere gebieden. Karakteristiek zijn b.v.:

a. Het frequentiegebied. Sterke nadruk valt op het gebied van 0-100 Hz.
b. De aanpassing aan de beschikbare omzetters.
c. De bedrijfsomstandigheden. Vaak moet worden gemeten in „ruwe" bedrijven, in corrosieve omgeving, in moeilijk toegankelijke ruimten.

Tabel I.

Overzicht van de belangrijkste mechanische grootheden.

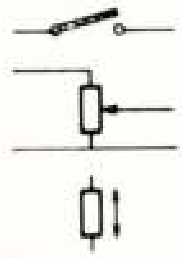
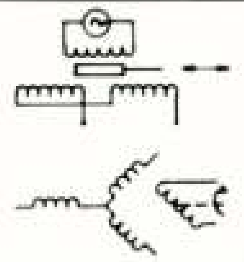
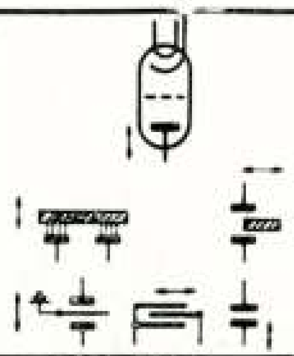
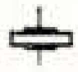
Grootheid	Meetgebied
Verplaatsing (afmetingen, hoekverdraaiing)	10 mμ – 10 m
Relatieve verplaatsing, rek	10^{-6} – 10^{-1}
Krachten	10^{-2} – 10^{7} N (1 g - 1000 ton)
Koppels	10^{-4} – 10^{6} Nm (1 g cm – 100 ton m)
Gas- en vloeistofdruk	10^{2} – 10^{8} N/m (1 cm H_2O – 1000 atm)
Lineaire snelheid	0 – 5000 m/sec
Rotatie snelheid	0 – 20000 rad./sec
Versnelling	10^{-3} – 10^{5} m/sec^2
Ruk („jerk")	- - - - - - - m/sec^3
Frequentie en tijd	0,1 – 10^{5} Hz ((10 μ sec – 10 sec)
Temperatuur	- - - - - - - - - - - - °K, °C

2. Mechano-elektrische omzetters

In tabel I is een overzicht gegeven van de voornaamste mechanische grootheden met het meetgebied waarin ze voorkomen. De extreme waarden zijn enigszins willekeurig gekozen. De hoogste versnellingen, snelheden en frequenties komen alleen voor in stootproblemen; voor statische metingen ligt de frequentie lager dan 0,1 Hz.

Van de grootheden uit tabel I kunnen alleen verplaatsing, snelheid, en temperatuur onmiddellijk in een elektrische grootheid worden omgezet. Tabel II geeft een overzicht van de meest gebruikte principes voor het meten van verplaatsingen. Tabel III

Tabel II. Principes voor het meten van mechanische verplaatsingen

Veranderde grootheid	beweegbaar element	symbool	type omzetter
R	schakelaararm		schakelaar
	sleepcontact		potentiometer
	afmetingen geleider en soortelijke weerst.		weerstands-rekstrookje
L	anker, kern		inductieve omzetters
	kortsluitwinding, vlakke geleider		
M,k	kern		differentiaaltransformator
	prim. spoel		synchro
C	condensatorelektrode		capacitieve omzetters
	diëlektricum		mechano-electronic transducer, RCA 5734
	anode		
Q	kristalafmeting		piëzo-elektrische omzetter

Tabel III. Samengestelde omzetters

Te meten grootheid	Primaire omzetter	Secondaire grootheid	Tertiaire grootheid
Kracht	veer	verplaatsing	
Koppel	torsieveer	verplaatsing	
Druk	membraan	kracht, koppel	
	balg		
Rotatiesnelheid	verplaatsingsomzetter	elektr. spanning	frequentie
Stroomsnelheid	turbinerotor	rotatiesnelheid	
	vaste leidschoepen	kracht	
	restrictie, venturibuis, pitotbuis	druk	
Versnelling	massa-veersysteem	kracht	verplaatsing
Ruk	massa-veersysteem	kracht	snelheid

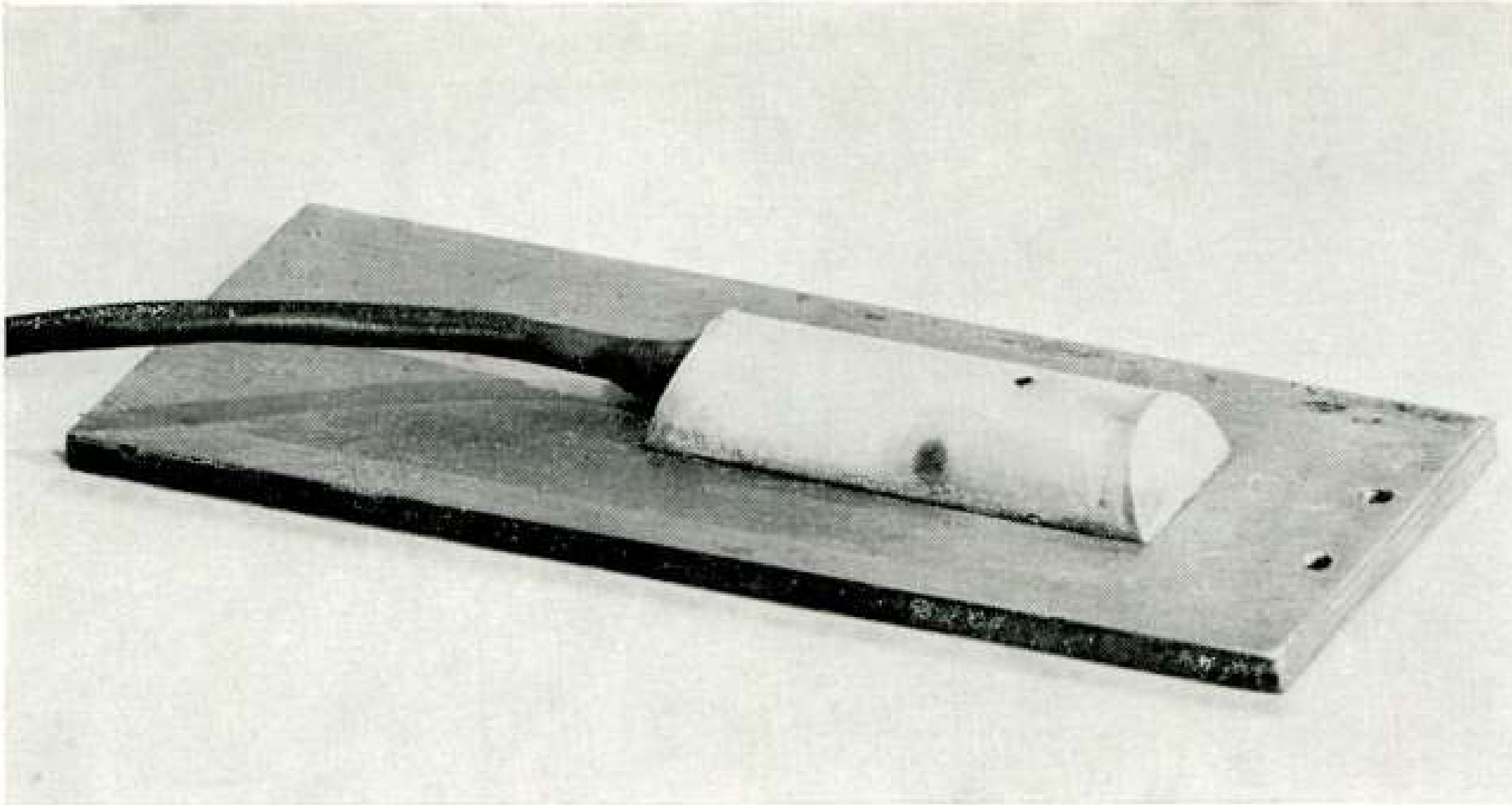


Fig. 1
Rekstrookje, gemonteerd op metaalplaatje. Het geheel wordt op een te onderzoeken constructie gelijmd

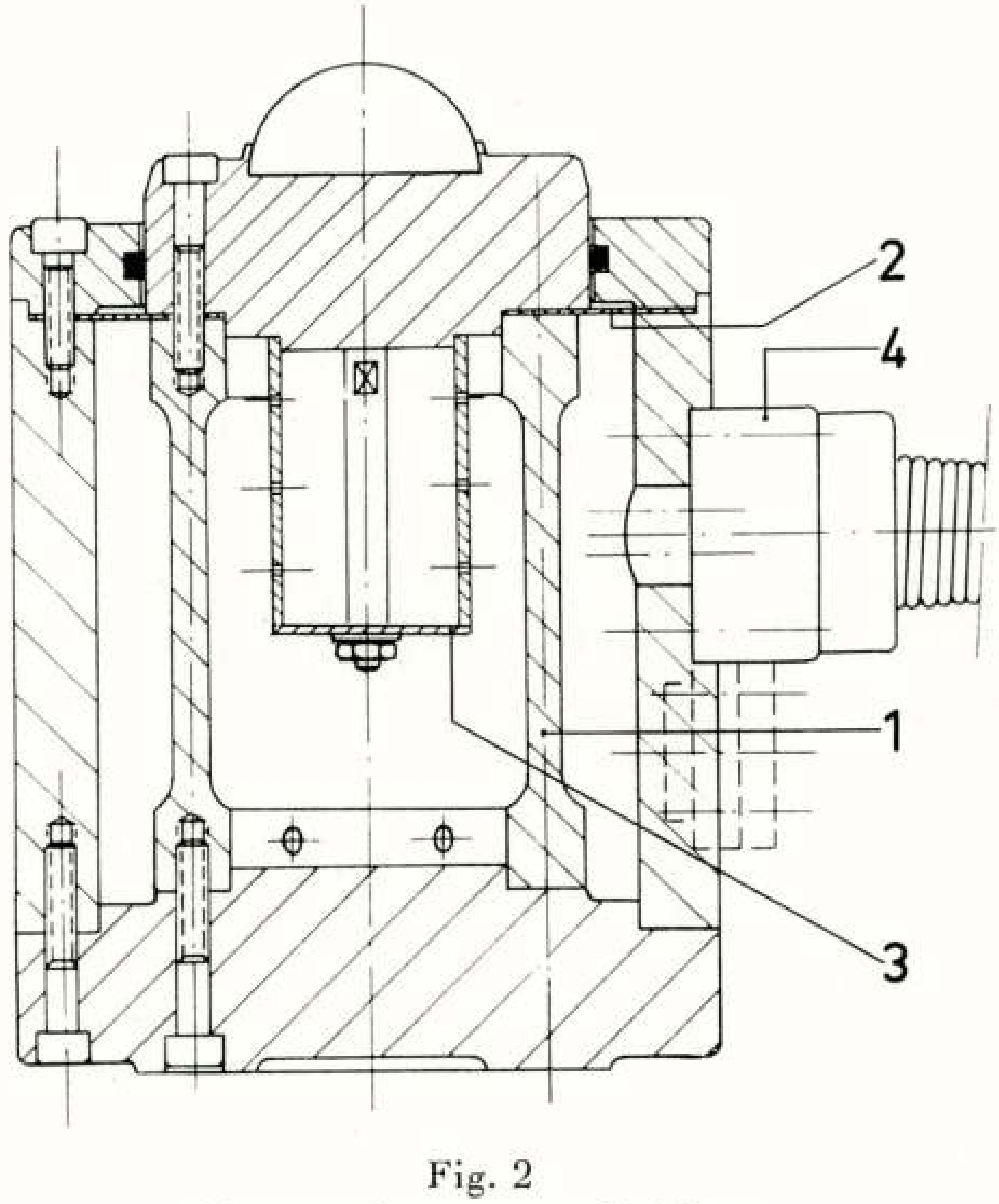


Fig. 2
Constructie van een drukdoos

1. meetcilinder, waarop de rekstrookjes geplakt worden
2. afdichtend membraan
3. geperforeerde cilinder voor droogmiddel
4. waterdichte kabelaansluiting

geeft een overzicht van samengestelde omzetters voor andere grootheden dan verplaatsing.

Snelheden worden gemeten met omzetters, waarin tengevolge van een bewegend meetelement een verandering van een magnetisch veld optreedt, zodat in een spoel een e.m.k. wordt geïnduceerd.

Er zijn twee varianten. Bij de eerste bewegen spoel en veld ten opzichte van elkaar (elektrodynamische omzetters), terwijl bij de tweede het veld verandert door verandering der magnetische weerstand (bewegend anker in elektromagnetische omzetters).

In de figuren 1 t/m 3 zijn een aantal omzetters afgebeeld, zoals die voor speciale metingen bij het Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies in de afgelopen jaren werden ontwikkeld.

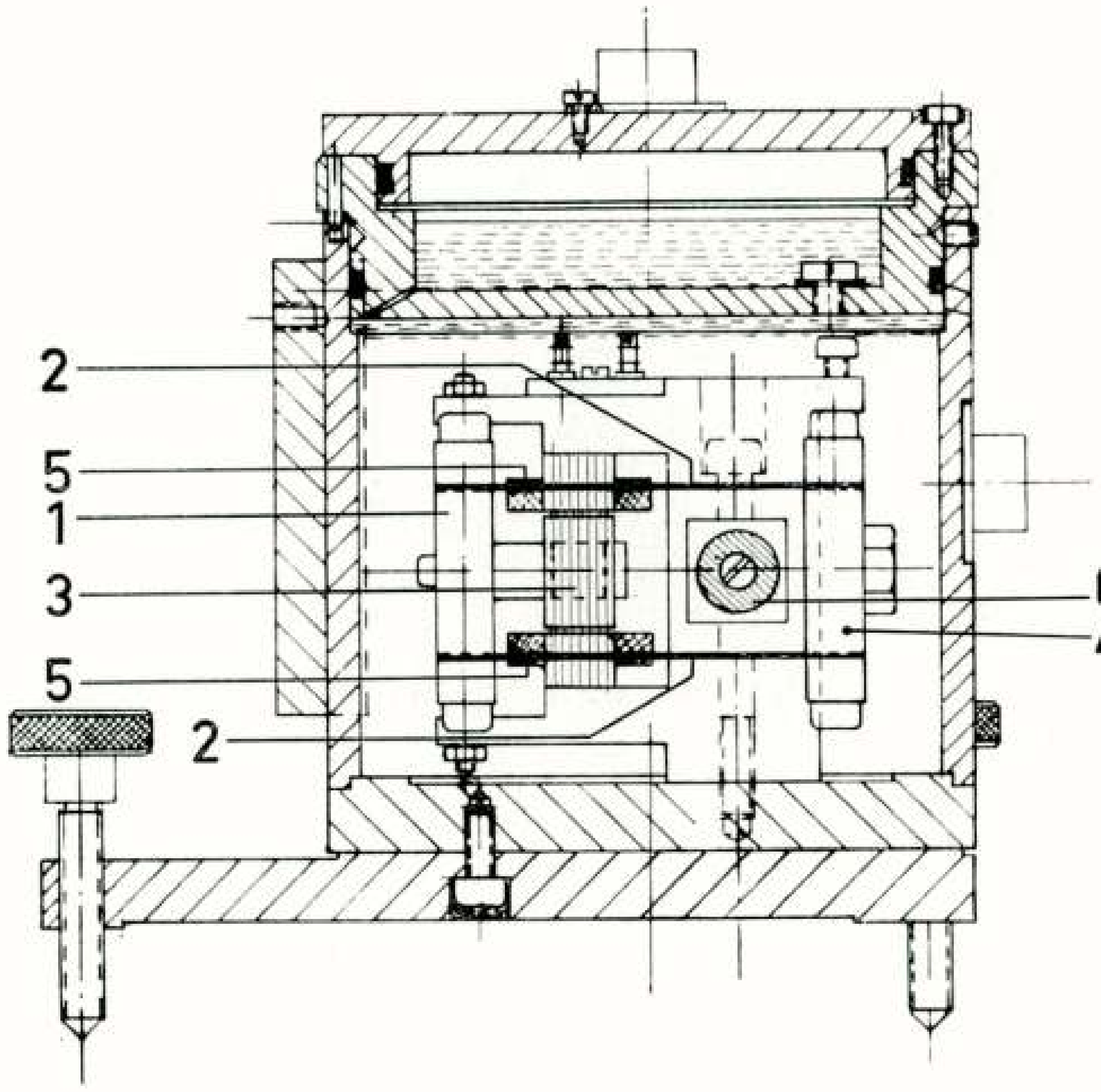


Fig. 3

Constructie van een inductieve versnellingsmeter

1. beweegbare massa
2. ophangveren
3. ferromagnetisch anker, bevestigd aan massa
4. steunconstructie
5. spoelen, bevestigd op steunconstructie
6. weerstanden, ter completering der LR-brugschakeling

Een bijzonder principe is nog dat van de elektrokinetische omzetter, ontwikkeld door Consolidated Electrodynamics Corp. (fig. 4). Een polaire vloeistof, die door een capillair stroomt, veroorzaakt een potentiaalverschil tussen de uiteinden der capillair door richten van de moleculaire dipolen. Er is vrij veel druk nodig voor de stroming door de capillair, zodat deze omzetter praktisch als dynamische drukmeter moet worden gebruikt.

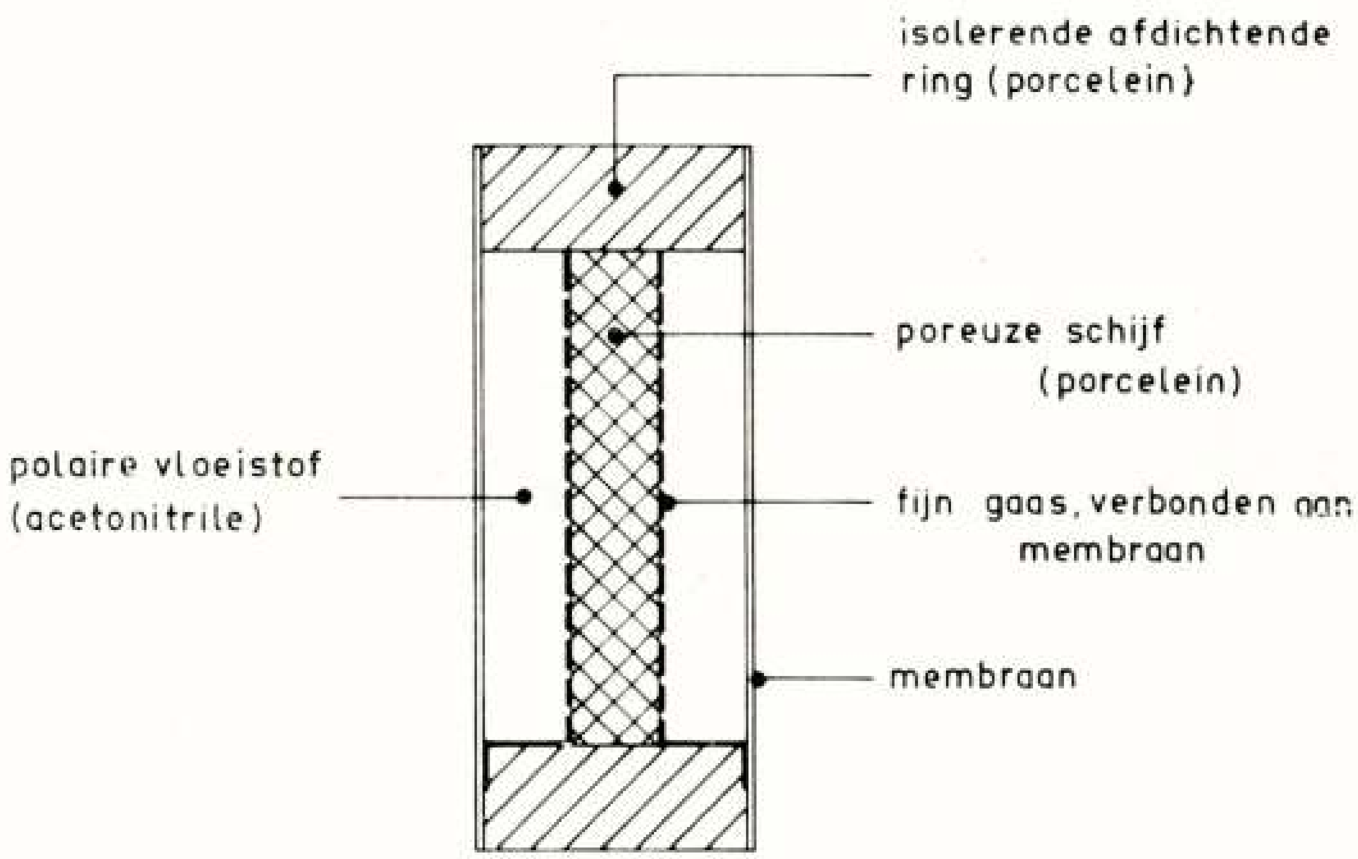


Fig. 4
Elektrokinetische omzetter van C.E.C.

Voor het meten van verplaatsingen leent zich ook het gebruik van straling.

De opstelling lichtbron-modulator-fotocel wordt in hoofdzaak gebruikt in combinatie met elektrische tellers en frequentiemeters. Interferentiemethoden worden gebruikt voor modelonderzoek en voor het nauwkeurig ijken van verplaatsingsomzetters.

Absorptie van β- of γ-straling, geleverd door een geschikte isotoop, en gemeten met een geschikte stralingsdetector wordt gebruikt voor niveaumeting, diktemeting, slijtageonderzoek, stromingsonderzoek. In verband met de gevaren van radio-actieve straling kunnen alleen zwakke stralers gebruikt worden. Daar de straling statistisch fluctueert moet men bij zwakke stralers vrij lang meten, voordat men de gemiddelde intensiteit van de ontvangen straling voldoende nauwkeurig kent, zodat deze meetmethode niet bruikbaar is voor snel veranderende verschijnselen. De vele noodzakelijke veiligheidsmaatregelen beperken verder de toepassingsmogelijkheden.

3. Meetmethoden

3.1 *Metingen met weerstandsrekstrookjes*

Voor de weerstandsverandering van een rekstrookje geldt

$$\frac{\triangle R}{R} = k \cdot \frac{\triangle l}{l}$$

Voor het meest gebruikte materiaal, constantaan, is $k \cong 2$. De temperatuurcoëfficiënt van de weerstand ligt tussen $+ 10^{-5}$ per $°C$ en $- 10^{-5}$ per $°C$. De kleinste rek, die men wil kunnen meten, ligt rond 10^{-6}. Temperatuurvariaties kunnen daarom een zeer merkbare invloed hebben en temperatuurcompensatie is nodig; deze is gelukkig tamelijk eenvoudig te verwezenlijken in brugschakelingen.

De ijkfaktor k is gewoonlijk bekend met een nauwkeurigheid van 1%. Dit bepaalt de meetnauwkeurigheid in opstellingen, waarin de rekstrookjes niet geijkt kunnen worden.

Instrumenten, waarin rekstrookjes worden toegepast, kunnen worden geijkt. De techniek van het aanbrengen en beschermen van rekstrookjes is zover gevorderd, dat de reproduceerbaarheid van instrumenten waarin rekstrookjes worden toegepast, binnen enkele honderdsten procenten kan liggen.

Fig. 5 geeft een elektrisch schema van een drukdoos met twee actieve rekstrookjes, twee passieve rekstrookjes, die voor temperatuurcompensatie zorgen, een correctieweerstand R_o voor het nulpunt in een der brugtakken, een compensatieweerstand R_t voor het nulpuntsverloop met de temperatuur in de andere brugtak, een weerstand R_m voor compensatie der temperatuurafhankelijkheid der elasticiteitsmodulus in een der voedingstakken van de brug, een afregelweerstand R_c voor het instellen der juiste gevoeligheid in de andere voedingstak.

Tengevolge van de kleine weerstandsvariaties en de grote nauwkeurigheden, die verlangd worden, moeten verfijnde schakelingen gebruikt worden voor het meten met rekstrookjes. Voor statische metingen worden vrijwel uitsluitend compensatiemethoden gebruikt, hetzij handcompensatoren, hetzij automatische compensatoren (zelfbalancerende potentiometers). Digitale rekmeters zijn er eigenlijk nog niet, hoewel digitale weerstandsmeters in een aantal gevallen wel bruikbaar zijn.

Men kan de rekstrookbrugschakeling voeden met gelijkspanning, maar men moet dan bedacht zijn op thermo - emk's, en

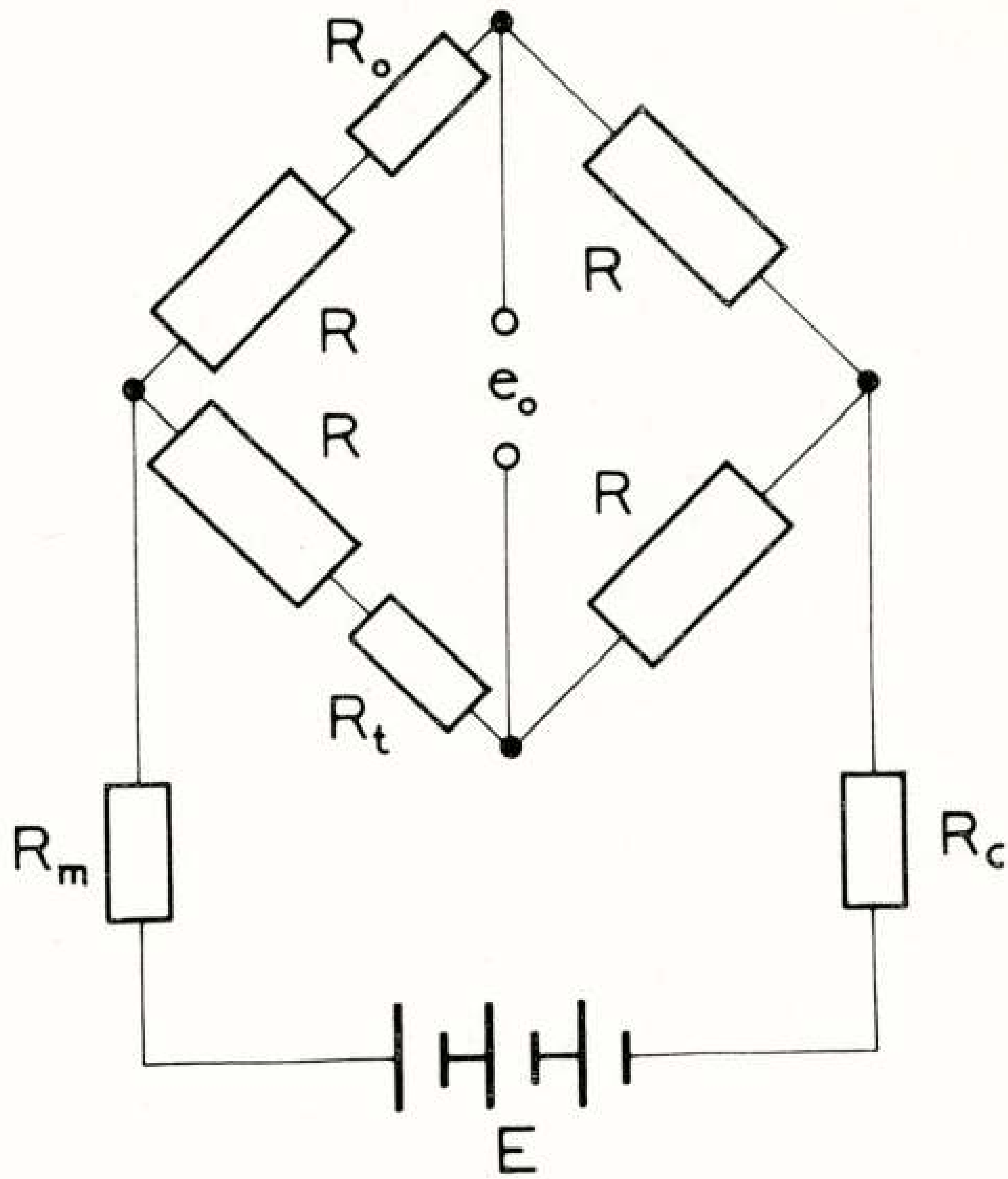


Fig. 5
Rekstrookbrug van een drukdoos

iedere meting zo nodig herhalen met omgepoolde voeding.

Als nulindicator wordt voor deze metingen gewoonlijk een trillerversterker gebruikt.

Men kan de rekstrookbrugschakeling ook voeden met wisselspanning. De thermo-emk's vormen dan geen probleem meer, maar men krijgt dan het probleem van de capacitieve onbalans. De rekstrookjes hebben een capaciteit tegen de constructie waarop ze geplakt zijn van enkele honderden *pF*, de toevoerleidingen hebben onderling en tegen aarde aanzienlijke capaciteiten. De nulindicator van de compensatorschakeling moet dan zeer nauwkeurig fasegevoelig zijn uitgevoerd, om geen effecten van capacitieve onbalans mee te meten. Verder is het meestal nodig, de rekstrookbrug ook capacitief te balanceren, omdat anders de capacitieve onbalansspanning de nulindicator overstuurt.

De grootte van de brugvoedingsspanning wordt begrensd door de toelaatbare verwarming van de rekstrookjes, die de meetnauwkeurigheid beinvloedt.

Voor rekstrookjes met een weerstand van 240 ohm is gebruikelijk 4 *V* brugspanning voor precisiemetingen, 6 – 10 *V* bij minder strenge eisen.

Bij een rek van 10^{-6}, een ijkfactor 2, en een brugspanning van 4 *V* bedraagt de bruguitgangsspanning voor 1 actief rekstrookje 2 μ *V*.

Rekstrookjes met meer weerstand (tot 600 ohm ongeveer) kunnen een hogere brugspanning verdragen, en geven dan ook meer spanning af, echter is de isolatieweerstand en de parallelcapaciteit van de leidingen dan van groter invloed.

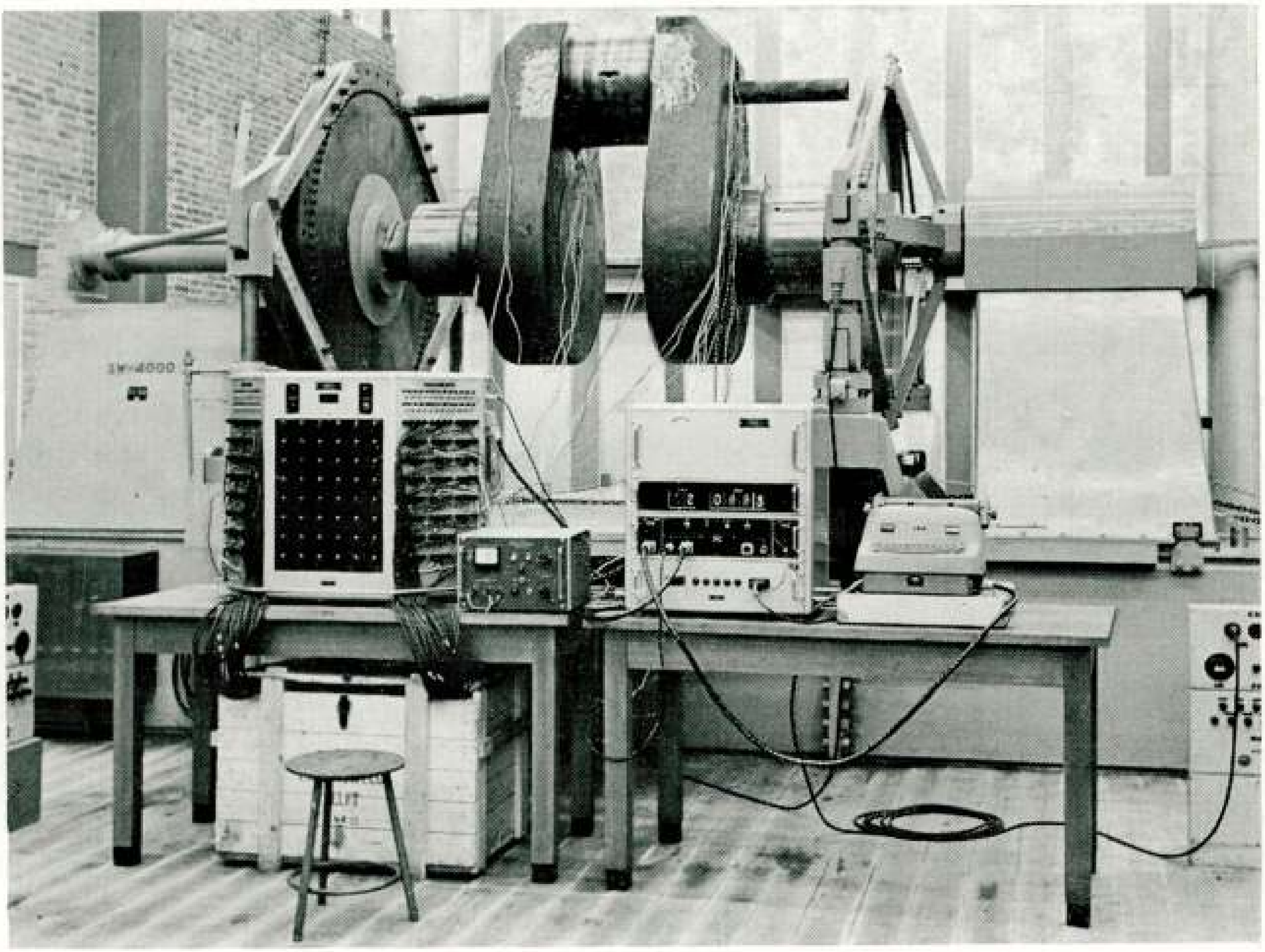


Fig. 6
Automatische rekmeter (48 punts) voor wringbank 40 ton meter der Technische Hogeschool, Delft

Voor dynamische metingen gebruikt men steeds wisselspanningsvoeding van de brug, dus een draaggolfsysteem.

Gebruikelijk zijn draaggolffrequenties tot 5000 Hz. Bij hogere frequenties wordt de capacitieve balancering te moeilijk en wordt de lengte van de toevoerleidingen daardoor teveel beperkt. Men kan nu geen compensatiemethoden meer gebruiken, en is aangewezen op direct aanwijzende methoden, al of niet met registratie. Uiteraard is nog steeds fasegevoelige detectie nodig.

Voor statische metingen aan grote aantallen meetpunten gebruikt men steeds gelijkspanningsvoeding, omdat bij het grote aantal lange leidingen, dat nodig is, capacitief balanceren te omslachtig is. Het is dan tevens gewenst de metingen te automatiseren om meetfouten te voorkomen en redelijk snel te kunnen werken.

Ongeveer 6 jaar geleden werd voor dit doel apparatuur ontwikkeld, die een groep van 48 meetpunten automatisch aftast, meet, en registreert met een snelheid van ongeveer 1 meetpunt per 5 sec. Door omschakelen met de hand kunnen verschillende groepen worden gemeten. Op deze wijze zijn aantallen meetpunten tot 400 verwerkt.

Fig. 6 toont deze apparatuur in een meetopstelling. De meetresultaten kunnen worden getypt of met behulp van een codeomzetter en een bandpons in papierband worden geponst, zodat zij in een digitale rekenmachine verder verwerkt kunnen worden. De totale meettijd is bij deze apparatuur nog vrij lang zodat omgevingstemperatuurvariaties oorzaak kunnen zijn van meetonnauwkeurigheden. Daarom is snellere meetapparatuur in ontwikkeling voor een snelheid van ongeveer 10 meetpunten per sec.

3.2 *Metingen met inductieve omzetters*

In 't algemeen is de stabiliteit van zelfinducties aanzienlijk geringer dan die van weerstanden. Het gebruik van ferromagnetisch kernmateriaal maakt de stabiliteit nog ongunstiger. Inductieve omzetters moeten daarom met groter impedantievariaties werken dan rekstrookjes; de kleinste bruikbare zelfinductievariatie is van de orde 10^{-3}, de grootste 1 à 5% of bij dubbelwerkende configuraties 10 – 50%.

Wanneer men de inductieve omzetter in een geschikte brugschakeling opneemt kan de meestal toch al beschikbare rekstrookmeetapparatuur worden gebruikt. Uiteraard is fasegevoelige detectie en capacitief balanceren van de brug nodig.

3.3 *Metingen met capacitieve omzetters*

Capacitieve omzetters munten uit door hun eenvoud, en zijn geschikt voor het meten van zeer kleine tot grote verplaatsingen. De stabiliteit ervan is aanzienlijk beter dan die van inductieve omzetters, maar slechter dan die van rekstrookjes; temperatuur-

compensaties zijn tengevolge van de noodzakelijke combinatie van isolator en geleider lastig uit te voeren.

Bruikbare capaciteitsvariaties liggen tussen 10^{-4} en 1 à 5%, voor dubbelwerkende combinaties zijn variaties tot 10 à 50% mogelijk.

Voor kleine verplaatsingen is de vlakke condensator het meest geschikt, voor grote verplaatsingen de schuifcondensator, b.v. in de vorm van een messing cilinder waarin een stuk messingstaf axiaal kan worden verplaatst.

Dat men zeer kleine verplaatsingen kan meten, blijkt uit het volgende voorbeeld.

Een capaciteitsvariatie van 10^{-3}, gemeten aan een vlakke condensator met plaatafstand 0,1 mm komt overeen met een afstandsvariatie $10^{-3} \times 0{,}1$ mm of 100 $m\mu$. Ter vergelijking: de golflengte van groen licht is $\lambda = 550\ m\mu$. Plaatafstanden tot 25 μ zijn uitvoerbaar.

De capaciteit van praktische omzetters is laag (20-200 pF) zodat de ingangsimpedantie zeer hoog is bij gebruik van de gewone draaggolfrekmeters voor rekstrookjes. Verder staat de capaciteit van de toevoerleidingen parallel aan de omzettercapaciteit. Het is daarom noodzakelijk achter capacitieve omzetters speciale apparatuur te gebruiken.

4. Het opwekken van mechanische trillingen

In hoofdzaak zijn drie typen excitatoren van belang:

a. Elektrodynamische excitatoren

Elektrodynamische trillingsopwekkers worden in transportabele vorm alleen voor kleine vermogens gebruikt. Voor grote vermogens, tot 5 ton, worden de afmetingen van magneetsysteem, versterker, en transformator zo groot, dat ze alleen nog in vaste opstellingen gebruikt kunnen worden.

b. Mechanische onbalans-excitatoren

Fig. 7 geeft een beeld van het principe. Twee excentrische gewichten draaien tegen elkaar in, zodat de resulterende massakrachten in één richting werken. Voor deze z.g. vrije-massa-excitator is slechts één steunvlak nodig. Er kunnen geen statische krachten mee worden opgewekt. De dynamische kracht is evenredig met het kwadraat van de omwentelingssnelheid. Fig. 8 toont een uitvoering voor 5 ton vanaf 3,5 Hz, gebruikt voor scheepsmetingen.

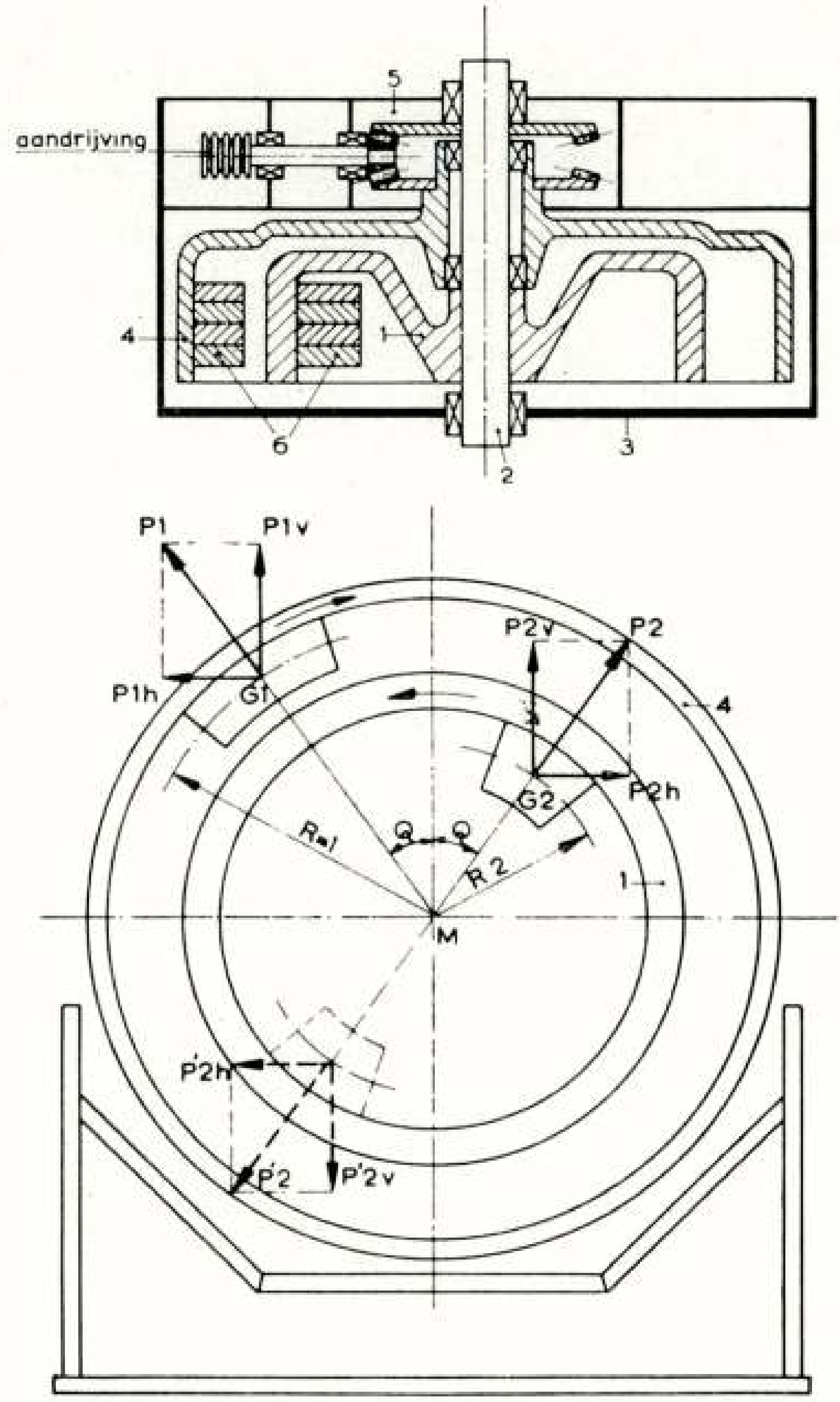


Fig. 7
Principe van een onbalans-excitator. De resultante der massakrachten van twee tegen elkaar in draaiende gewichten, werkt in één richting. Door keuze van de plaats der gewichten kunnen horizontale of verticale krachten worden opgewekt

c. Hydraulische excitatoren

Fig. 9 toont het principe van een hydraulische excitator. De kracht uitgeoefend met een hydraulische cilinder, wordt gemeten met een drukdoos. De uitgangsspanning van de drukdoos wordt vergeleken met een referentiespanning, met de verschilspanning wordt een servoklep bestuurd; deze servoklep regelt de druk in de cilinder zodanig dat het verschil met de referentie „nul" wordt. Fig. 10 toont een uitvoering, gebruikt voor het aanstoten van een vizierklep in de stuw bij Hagestein. De maximale kracht

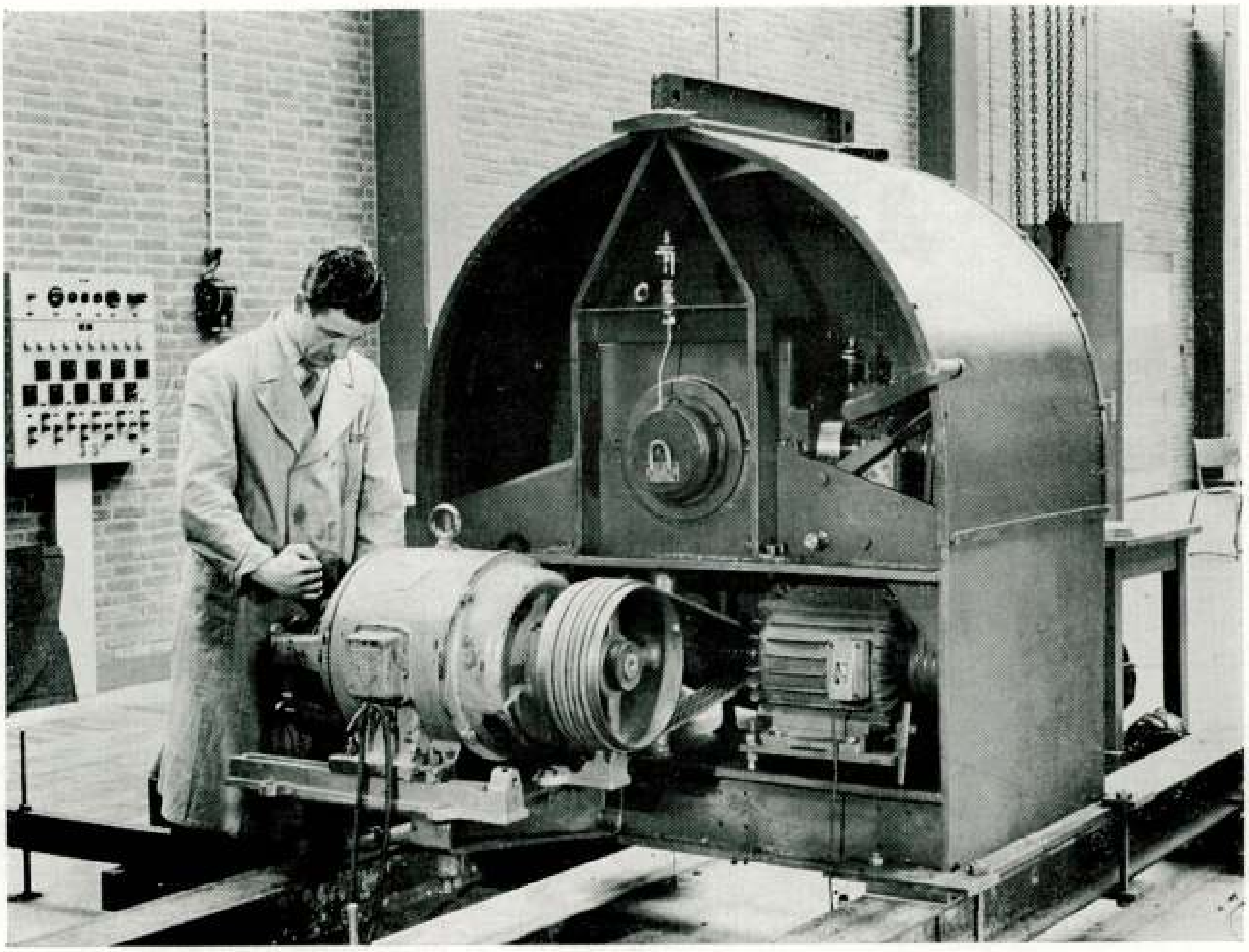
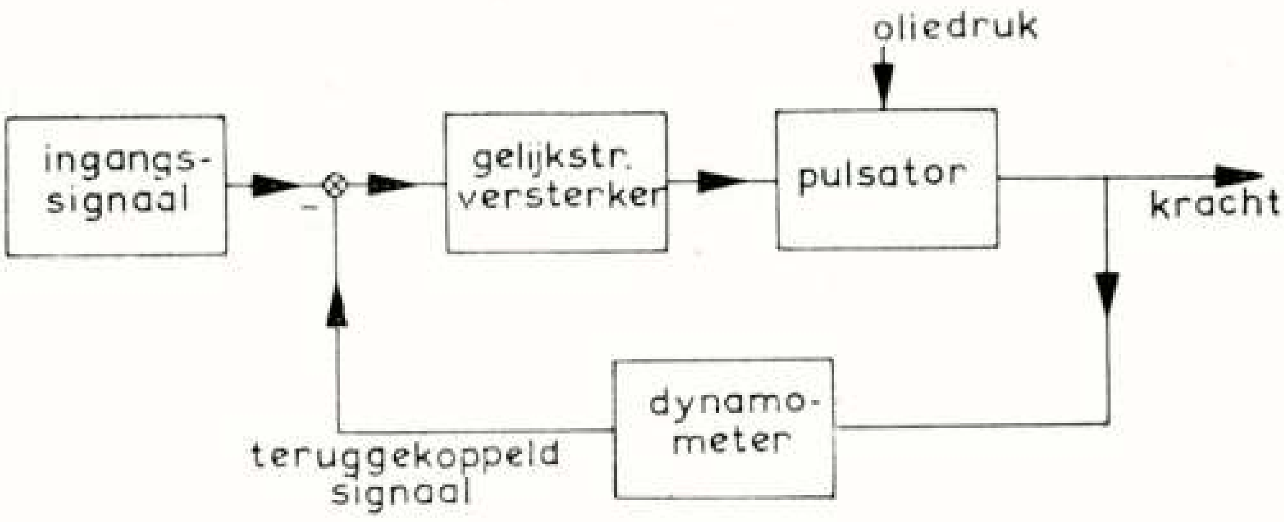


Fig. 8
Uitvoering van een onbalans-excitator voor 5 ton vanaf 3,5 Hz



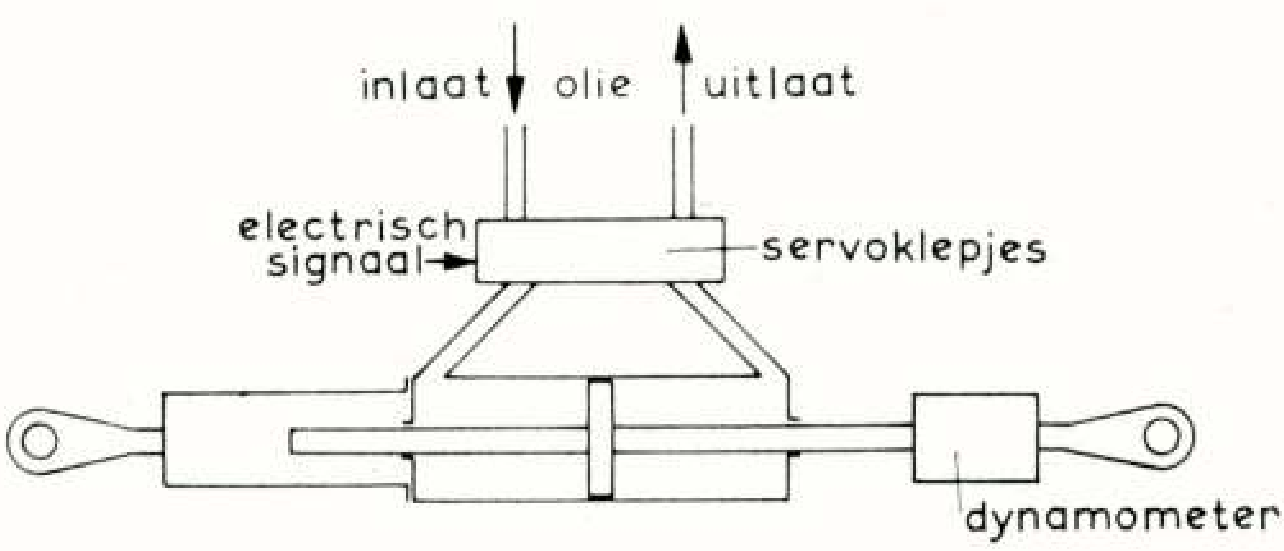


Fig. 9
Principe van een hydraulische excitator

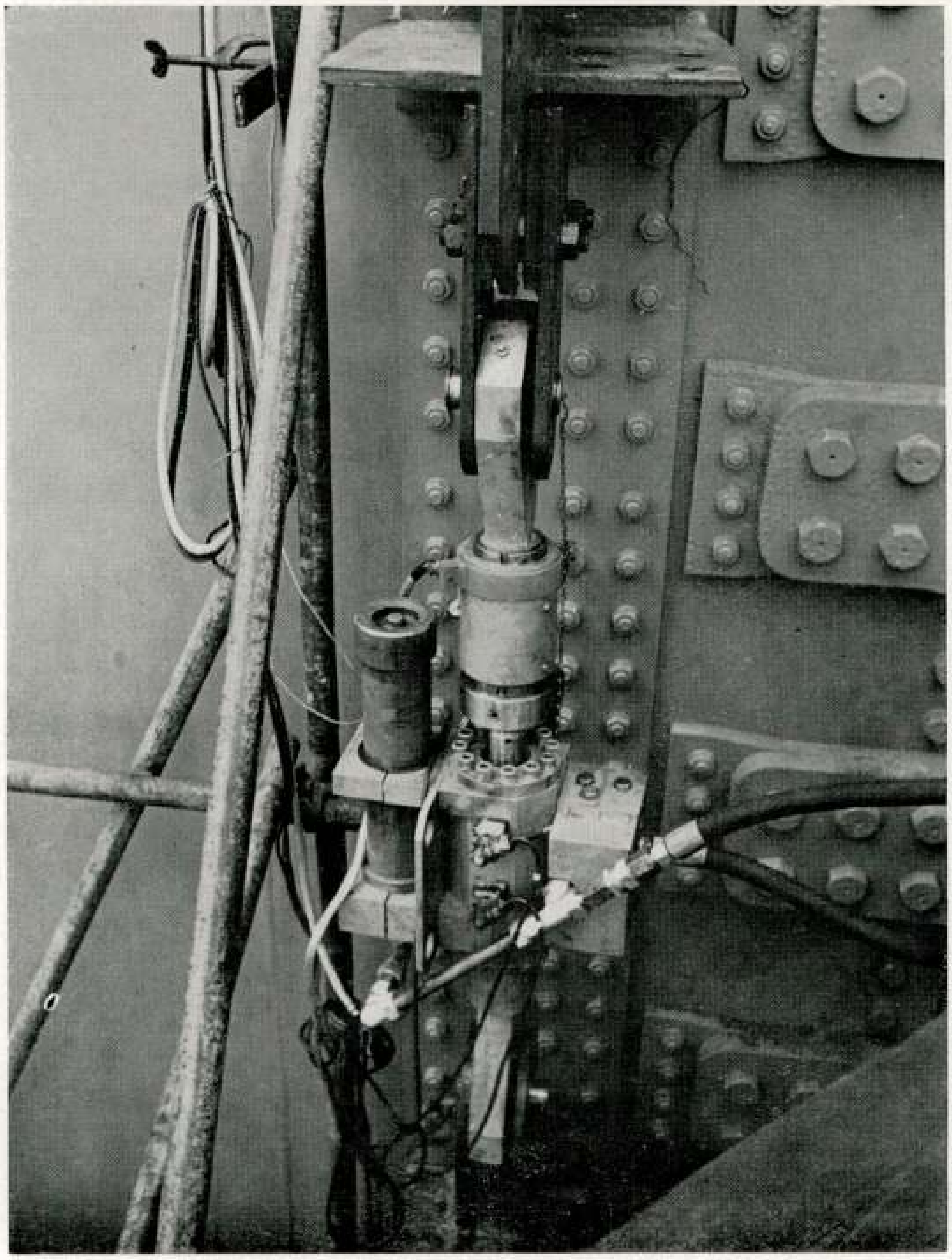


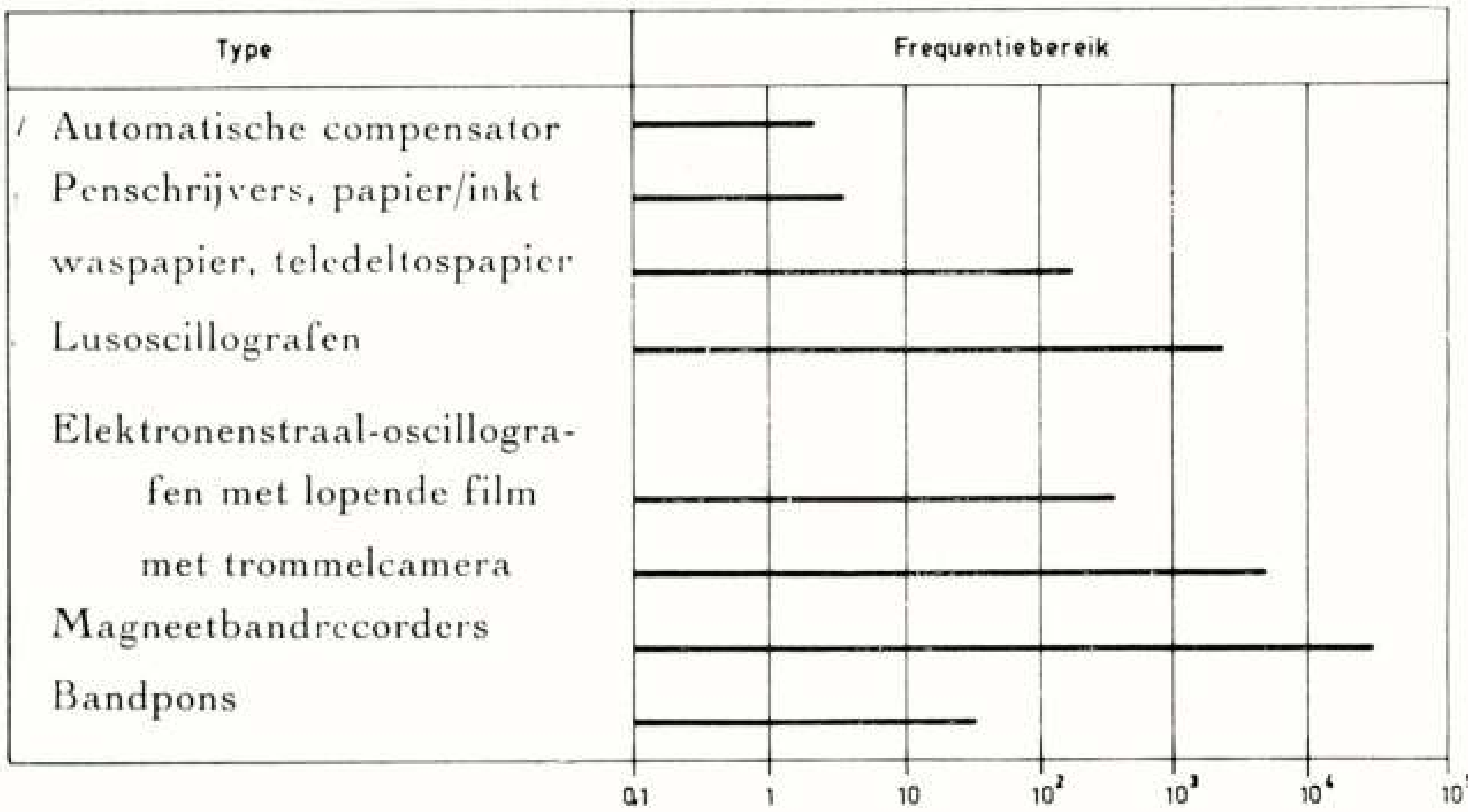
Fig. 10
Hydraulische excitator van 10 ton tot 5 Hz op een vizierklep van de stuw te Hagestein

bedraagt 10 ton bij frequenties van 0 - 5 Hz. Voor hogere frequenties wordt de maximale kracht kleiner.

5. Afleesapparatuur

Uiteindelijk moeten meetresultaten in de vorm van getallen beschikbaar komen, hetzij in tabelvorm, hetzij in de vorm van grafieken. Een beknopt overzicht van instrumenten voor dit doel is gegeven in Tabel IV. Voor het verder verwerken van meetgegevens is het veelal nodig, ze beschikbaar te hebben in digitale vorm. Er bestaan instrumenten voor het automatisch of halfautomatisch „aflezen" van krommen, zoals die geprodu-

Tabel IV Overzicht afleesapparatuur



ceerd worden door schrijvers en oscillografen. De toepasbaarheid van deze instrumenten is door allerlei nevenomstandigheden echter beperkt.

Logischer is het, de gehele meetapparatuur zo te kiezen, dat de meetresultaten in digitale vorm beschikbaar zijn. Dit stuit vaak op bezwaren i.v.m. de omvang der apparatuur.

Er is een tussenweg door gebruik te maken van een magneetbandrecorder van het instrumentatie-type waarmee een signaal geregistreerd wordt als frequentiemodulatie van een draaggolf. Gewoonlijk wordt na demodulatie het signaal weer in analoge vorm afgegeven. Men kan echter de in frequentie gemoduleerde draaggolf zelf gebruiken om op betrekkelijk eenvoudige wijze het signaal in digitale vorm te verkrijgen.

Met behulp van tellers en poorten kan men n.l. periodiek de frequentie meten, en de gemeten waarde, die in digitale vorm is, vastleggen. In ons Instituut is een apparaat ontwikkeld voor dit doel. Uitgangspunt is, dat op één van de sporen van de bandrecorder een signaal van constante frequentie is geregistreerd als referentiesignaal.

Men kiest nu een aantal perioden van het in frequentie gemoduleerde signaal en telt het aantal perioden van het referentiesignaal dat gelijktijdig ermee geregistreerd is. De eindwaarde van de telling wordt in ponsband vastgelegd, en dit wordt periodiek herhaald. Het signaal wordt dus periodiek bemonsterd. Fig 11 geeft een vereenvoudigd blokschema. De referentiedeler *T* I telt ononderbroken door en opent bij iedere

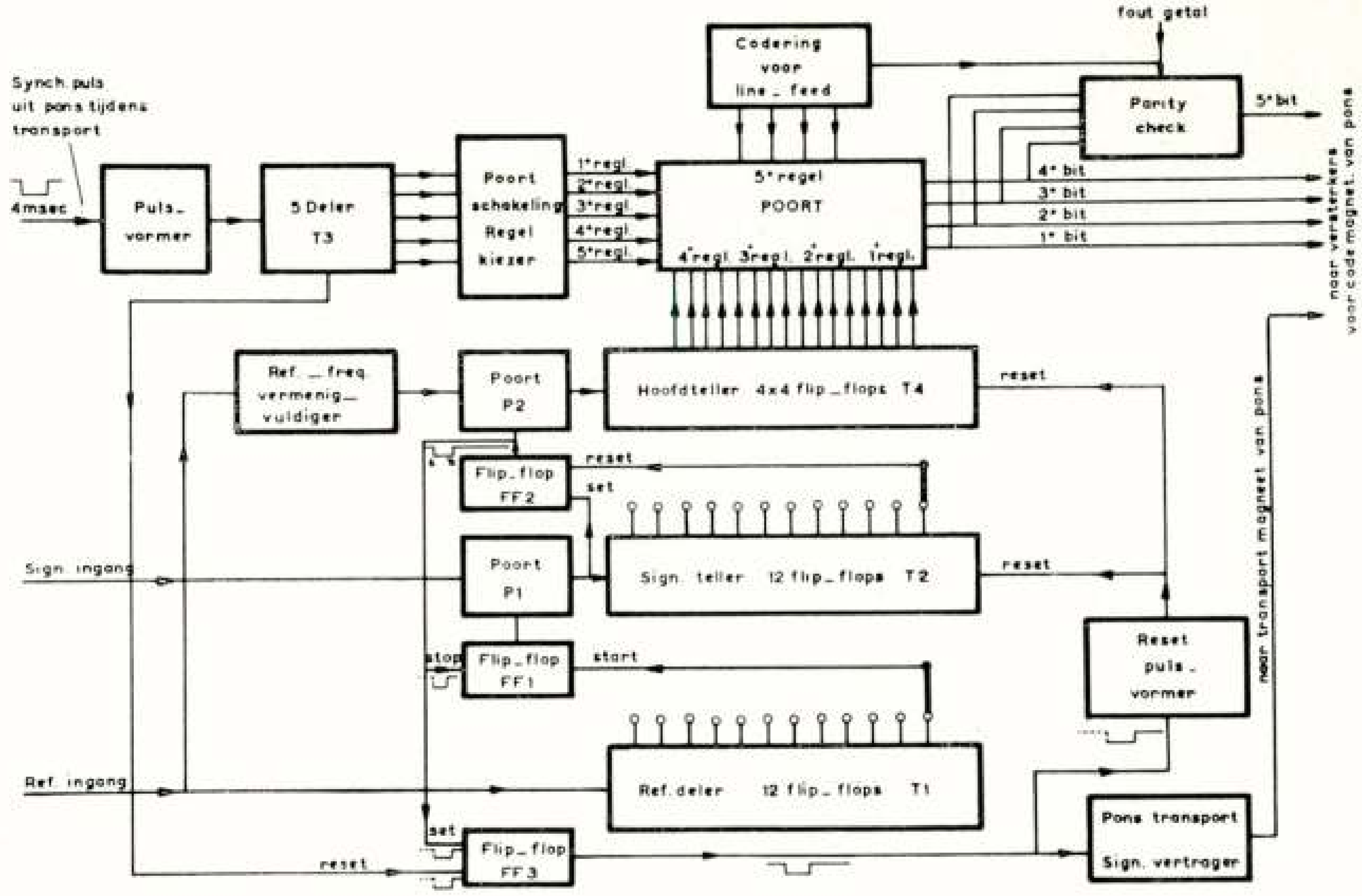


Fig. 11

Vereenvoudigd blokschema van digitalisator WE 6208

nulpassage de poort P 1. De eerstvolgende signaalimpuls (op de nuldoorgang van het signaal) opent P 2, waarna deler T 2 een aantal signaalimpulsen aftelt, terwijl de teller T 4 de gelijktijdig optredende referentieimpulsen telt. Na een zeker aantal (te voren ingestelde) signaalperioden, sluit de teller T 2 de poorten P 2 en P 1 en start tevens het ponstransport.

De pons geeft nu synchronisatie-impulsen terug, die door deler T 3 afgeteld worden, en waardoor op 4 achtereenvolgende regels de inhoud van de teller T 4 op de ponsband wordt overgenomen. De vijfde regel is een scheidingsteken (b.v. „line-feed" voor schrijfmachine). Na de vijfde regel wordt de pons geblokkeerd.

Is bekend dat het signaal om een of andere reden onbruikbaar, is dan kan men uitwendig de indicatie „fout getal" geven, waardoor de „parity check" wordt omgedraaid en het geponste getal als fout herkend kan worden.

Dit systeem heeft verschillende voordelen

1. Met behulp van de referentiedeler kan de plaats der bemonstering op de band gereproduceerd worden, zodat men de bemonstering kan herhalen. Schuift men de bemonsteringsperiode de volgende keren steeds juist één periode op, dan kan men in 2 à 4 keer een aaneensluitende bemonstering verkrijgen. Dit kan niet in één keer, daar voor het ponsen tijd nodig is. Doordat de bemonsteringsplaats vastligt,

kan men na elkaar de verschillende sporen digitaliseren.

2. Door gebruik te maken van een referentiespoor heeft een onregelmatige bandloop (wow. flutter) nagenoeg geen invloed op de uitkomsten der digitalisatie.

6. Twee instrumentatievoorbeelden

6.1 *Golfhoogtemeting*

Enkele jaren geleden was het nodig, een correlatie te vinden tussen de scheepsbewegingen en de mechanische spanning in de scheepsromp enerzijds en de hoogte en vorm van de golven anderzijds.

In samenwerking met de Koninklijke Marine werd daarvoor een golfhoogtemeetapparatuur ontwikkeld. Deze bestond uit een vrij drijvend vlot, waarop een zender gegevens uitzond over versnellingen van het vlot en de helling ervan t.o.v. het horizontale vlak. Versnellingen loodrecht op het vlot (en dus ook nagenoeg loodrecht op het wateroppervlak) werden gemeten met een capacitieve versnellingsmeter, die onmiddellijk de draaggolffrequentie van de zender moduleerde. De helling in twee richtingen werd gemeten met een gyroscoop (kunstmatige horizon) waarvan de signalen gemoduleerd werden op de draaggolffrequentie van twee hulpdraaggolfoscillatoren. Deze twee hulp-

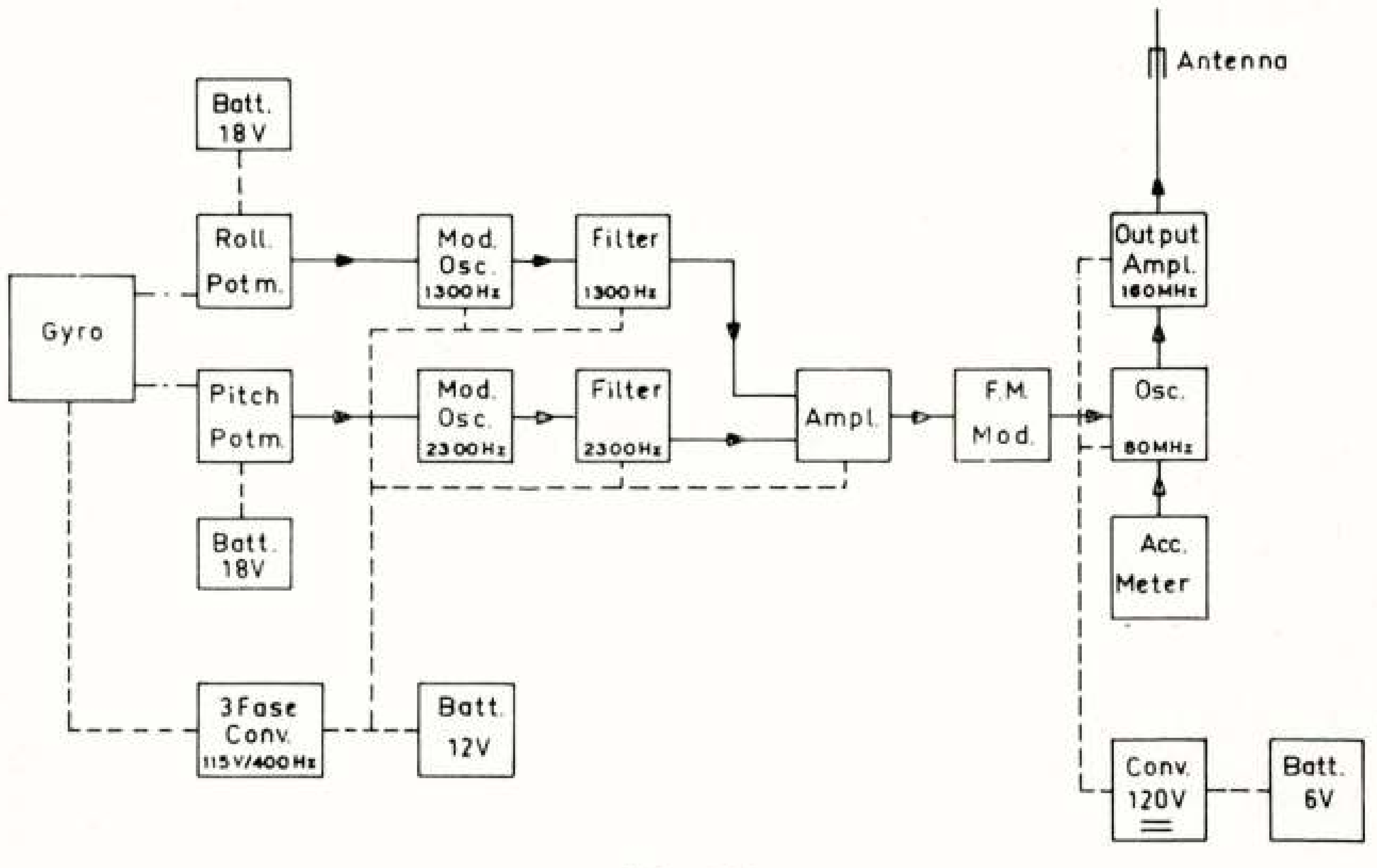


Fig. 12
Blokschema golfhoogte-zendapparatuur

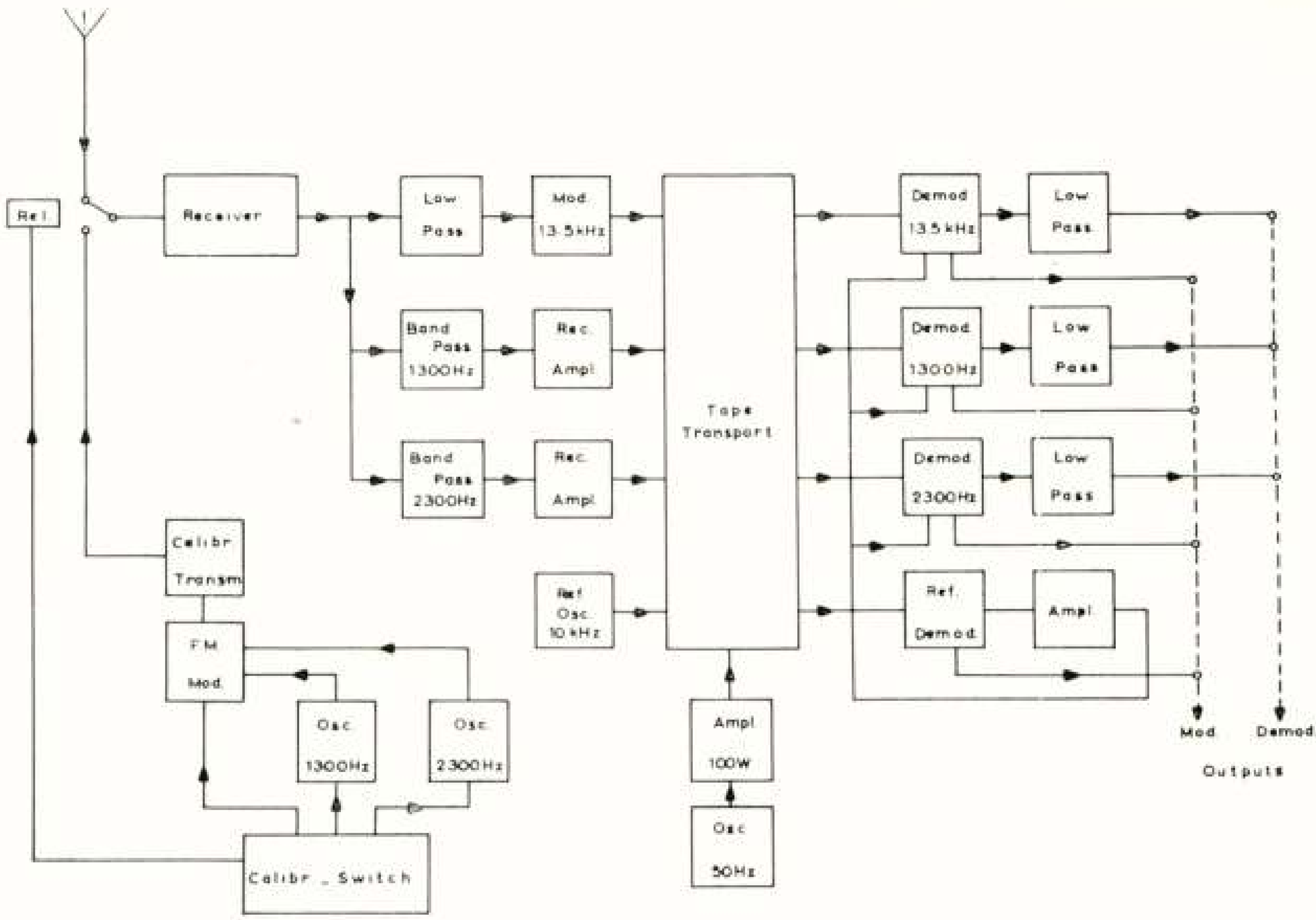


Fig. 13
Blokschema golfhoogte-ontvangapparatuur



Fig. 14
Tewaterlating van de golfhoogtemeter voor een proefmeting

draaggolfsignalen werden weer op de h.f.-draaggolffrequentie gemoduleerd.

De ontvanger met registratiemiddelen bevond zich aan boord van het schip, waaraan de metingen werden uitgevoerd.

De op magnetische band geregistreerde signalen werden in het laboratorium gedigitaliseerd en uitgewerkt op een digitale rekenmachine.

Fig. 12 geeft het blokschema van de apparatuur aan de zendzijde, fig. 13 geeft het blokschema aan de ontvangzijde. Fig. 14 toont de tewaterlating van het vlot bij een proefmeting.

6.2 *Compressoronderzoek*

Voor metingen aan roterende onderdelen van langzaam lopende machines worden gewoonlijk sleepringen gebruikt. Voor snellopende rotoren kunnen tot 20.000 à 40.000 omwentelingen per minuut nog speciale typen sleepringen gebruikt worden, maar boven deze snelheden is dit (heden) onmogelijk. Om snellopende compressoren te kunnen onderzoeken bij toerentallen, die in de toekomst tot 150.000 omwentelingen per minuut kunnen gaan, is besloten een telemetrie-systeem te ontwikkelen, dat gebruik maakt van inductieve overdracht.

Bij de korte afstand, die overbrugd moet worden, is het niet nodig, elektromagnetische straling te gebruiken.

Voor metingen met rekstrookjes is een speciale oscillator ontwikkeld, waarvan de frequentie-afwijking evenredig is met de brugonbalans van een rekstrookbrug. De grootste moeilijkheid is de afmetingen klein genoeg te maken, daar de hele oscillator moet kunnen worden ondergebracht in een boring in de hartlijn van een betrekkelijk dunne as.

Het blokschema is weergegeven in fig. 15.

De verklaring van de werking kan men als volgt formuleren.

Een brug, die met wisselspanning wordt gevoed en waarvan de weerstanden periodiek variëren zodat de bruguitgangsspanning periodiek door nul gaat, levert als uitgangsspanning een signaal, dat in amplitude is gemoduleerd en waarvan de draaggolf onderdrukt is. Voegt men aan dit signaal de draaggolf over 90° verschoven weer toe, dan ontstaat een fasegemoduleerd signaal. Wordt dit voldoende versterkt nogmaals over 90° verschoven en toegevoerd aan de voedingszijde van de brug dan heeft men een oscillatorschakeling, waarvan de frequentie be-

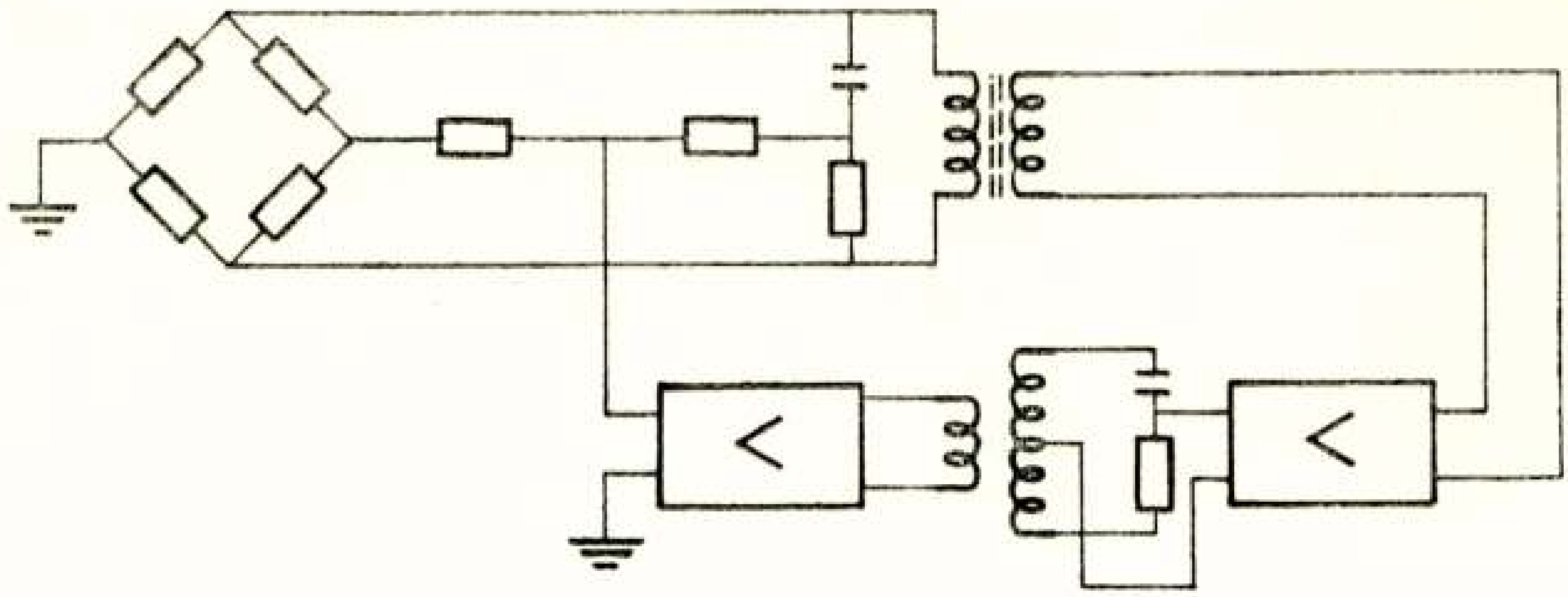


Fig. 15
Blokschema van een oscillator met frequentiemodulatie door het uitgangssignaal van een brug

paald wordt door de totale fasedraaiing, en dus door de onbalanstoestand van de brug.

Een eerste prototype is in beproeving op langzaam draaiende assen van scheepsmotoren.

De uiteindelijke afmetingen worden bepaald door de verkrijgbaarheid van miniatuuronderdelen en de montagevaardigheid van de man, die het instrument bouwen moet. Om de hoge versnellingen, die verwacht worden, te kunnen doorstaan, is ingieten noodzakelijk.

De ontwikkeling van inductieve „overdragers" voor hoge toerentallen is nog in het beginstadium.

Manuscript ontvangen 28 november 1963

Etat actuel de la technique des lasers

par M. Pauthier *)

Conférence prononcée devant Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap, Koninklijk Instituut voor Ingenieurs et Nederlandse Natuurkundige Vereniging, novembre 11, 1963.

Sommaire

On esquisse les principes généraux de ce quis peut être appelé l'art de l'ingénieur en matière de laser et on en donne les principaux résultats et les principales conséquences en l'illustrant de quelques exemples.

1. Introduction

On ne va pas faire une revue des dernières expériences qui ont été effectuées, mais on va plutôt esquisser les principes généraux de ce qui peut être appelé l'art de l'ingénieur en matière de laser et en donner les principaux résultats et les principales conséquences en l'illustrant de quelques exemples.

2. Absorption, émission stimulée et émission spontannée

Il est nécessaire de rappeler quelques principes de base. Considérons un petit volume de matière qui contient des systèmes pouvant être à deux niveaux distincts d'énergie E_2 et E_1 en équilibre avec une radiation électro-magnétique de fréquence $\nu = \dfrac{E_2 - E_1}{h}$.

On sait que le rapport du nombre N_2 des systèmes à l'état excité au nombre N_1 des systèmes non excités est donné par la loi de Boltzmann.

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-\frac{E_2 - E_1}{kT}} \tag{1}$$

D'autre part, la loi de Planck

*) Laboratoire Central de Télécommunications, Paris.

$$U_\nu = \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \cdot \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \tag{2}$$

donne la densité spectrale U_ν de l'énergie électromagnétique en fonction de la fréquence.

L'ensemble des systèmes peut être considéré comme résonateur de fréquence ν en interaction avec une excitation de même fréquence. En l'absence d'excitation, le résonateur s'amortit et cela correspond à la désexcitation, par émission spontanée. Le temps d'amortissement est inversement proportionnel à la probabilité d'émission spontanée A. En présence d'une onde excitatrice U_ν, le résonateur prendra de l'énergie ou en cèdera à la radiation excitatrice suivant que son oscillation est en phase ou non avec l'excitation. Cela correspondra à une absorption dont la probabilité sera $B\,U_\nu\,N_1$ ou à une émission stimulée dont la probabilité sera $B\,U_\nu\,N_2$

Si l'on est à l'état d'équilibre, il y a autant d'excitations que de désexcitations. On peut donc écrire l'équation suivante:

$$(A + B\,U_\nu)\,N_2 = B\,U_\nu\,N_1 \tag{3}$$

On en déduit

$$\frac{A}{B} = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} = N h \nu \tag{4}$$

A est le coefficient d'émission spontanée et B est le coefficient d'émission stimulée. N est le nombre de modes dans la cavité par unité de volume et de fréquence.

D'après la formule (1), on voit que si l'on fait arriver un faisceau de lumière de fréquence ν sur de la matière pouvant avoir deux états d'énergie E_2 et E_1, il a plus de chances d'être renforcé. Par conséquent, le résultat en général sera une diminution de l'intensité de la lumiére émergente dans la direction d'incidence. Par contre, s'il était possible que N_2 soit supérieur à N_1, la lumière incidente ressortirait amplifiée. Cette remarque est à la base du fonctionnement des lasers et des masers et les procédés qui ont permis de lui donner des conséquences partiques sont les procédés qui ont permis de faire $N_2 > N_1$, c'est-à-dire d'obtenir une inversion de population,

3. Inversion de population

Nous décrirons seulement les procédés qui sont utilisés dans

les lasers. Ils se ramènent à deux types principaux: le type à trois niveaux et le type à quatre niveaux. La figure 1 montre au moyen d'une comparaison hydraulique comment peut fonctionner le système à trois niveaux. Il est évident que si la fuite du bassin 2 dans le bassin 1 est beaucoup plus petite que les fuites du bassin 3 vers le bassin 2 et le bassin 1, il y aura accumulation de liquide dans le bassin 2 et on pourra obtenir une situation où il y aura plus de liquide dans le bassin 2 que dans le bassin 1. Ceci correspondra à une inversion de population entre le niveau 2 et le niveau 1. Si l'on suppose que la fuite de 3 vers 2 est très grande, il y aura très peu de systèmes excités à l'état 3 et pour obtenir une inversion de population entre le niveau 2 et le niveau 1, on sera obligé de pomper au moins la moité des systèmes du niveau 1, ce qui correspond à une grande dépense d'énergie. Le schéma d'inversion de population à 4 niveaux permet de remédier à cet inconvénient. En effet, la pompe démarre à partir d'un niveau 0 bien en-dessous du niveau 1. Le niveau 1 est généralement vide à la température de fonctionnement et par conséquent l'inversion de population entre le niveau 2 et le niveau 1 s'effectue aussitôt que l'on a une population appréciable au niveau 2.

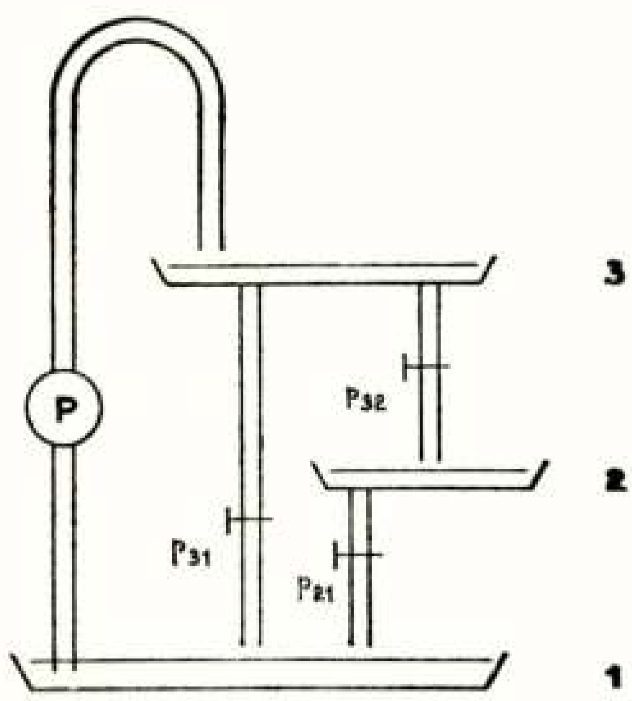


Fig. 1
Le fonctionnement schématique d'un septème à trois niveaux

4. Cavités optiques

Nous savons qu'un oscillateur est constitué par un dispositif donnant du gain et une cavité accordée. Nous avons montré comment l'inversion de population pouvait fournir du gain de lumière. Il nous reste à trouver la cavité accordée. Considérons par exemple deux plans parallèles parfaitement réfléchissants. Les ondes lumineuses qui se propagent á l'intérieur de ces deux plans et perpendiculairement à eux auront des pertes nulles si le régime d'ondes stationnaires qui s'établit correspond à des noeuds de champ électrique sur les parois conductrices.

La condition pour qu'il en soit ainsi est que la distance entre les deux plans soit égale à un nombre entier de 1/2 longueurs

d'onde. Mais en pratique, les deux plans réflecteurs ne peuvent avoir de dimensions infinies. Par conséquent, même si les pertes par réflexion sont négligeables, on aura des pertes par diffraction. Si l'on remplace ces miroirs plans par des miroirs sphériques, on peut montrer facilement qu'on arrive à des configurations fermées de rayons lumineux à l'intérieur de ces miroirs si la distance entre eux est inférieure à deux fois leur rayon. Dans ce cas, les pertes par diffraction seront beaucoup moins grandes que dans le cas de miroirs plans et c'est en général des configurations similaires que l'on utilisera. Il faut remarquer que ces cavités sont des résonateurs à très haut coefficient de surtension Q

$$Q = \frac{\nu}{\delta \nu} = \frac{\pi L}{(1 - r)\lambda} \tag{5}$$

Cette formule s'établit aisément en partant de la définition suivant laquelle Q est égal à π fois le rapport de l'énergie emmagasinée dans la cavité sur l'énergie dissipée par cycle. Pour des lasers à gaz, on trouve une valeur de $Q = 3.10^8$ (en supposant une longueur d'1m, une longueur d'onde d'un micron et un coefficient de réflexion r de 99%). Dans le cas d'un laser à rubis de longueur 4 cm ayant un coefficient de réflexion de 90% et où la longueur d'onde à l'intérieur du rubis est de l'ordre de 0,4 micron, on trouve $Q = 3.10^6$ Dans le cas d'un laser à arseniure de gallium, la distance entre miroirs est de l'ordre de 0,25 mm. Le coefficient de réflexion est donné par la différence des indices de l'arseniure de gallium et de l'air et vaut 30%. On trouve alors une valeur de Q de 4.10^3. On voit donc que les lasers à arseniure de gallium utilisent des cavités qui ont un coefficient de surtension infiniment moins bon que les lasers à gaz et même les lasers à cristaux.

5. Conditions d'oscillation

La raie de fluorescence a une certaine largeur pour de nombreuses raisons. La première est que l'émission spontanée elle-même, puisqu'elle n'est pas cohérente, provoque un certain élargissement de la raie qu'on appelle largeur naturelle : nous avons vu en effet que l'émission spontanée correspond à un terme d'amortissement. Mais bien d'autres causes concourent à cet élargissement. Citons par exemple l'effect Doppler dû à la vitesse des molécules dans les gaz et l'élargissement inhomogène dû

aux légères irrégularités de structure des cristaux. En général, ces causes provoquent un élargissement qui est beaucoup plus grand que la largeur naturelle et également beaucoup plus grand que la largeur de la résonance de la cavité. Par exemple dans le laser à gaz à hélium néon, en reprenant l'exemple ci-dessus, la largeur de la cavité est de 10^6 cycles/sec et la largeur de la raie de fluorescence est de 10^9 cycles/sec.

Dans le cas du rubis, la largeur de la cavité est de 10^8 cycles par seconde et la largeur de la fluorescence est de 3.10^{11}. Dans le cas de l'arseniure de gallium, il en est aussi de même, la largeur de la cavité est de 10^{11} et la largeur de la fluorescence est de 10^{12}. La courbe représentant l'intensité de la fluorescence en fonction de la fréquence est proportionnelle à celle qui représenterait la valeur du coefficient d'émission spontanée en fonction de la fréquence. On peut donc dire que dans un intervalle de fréquence $d\nu$, la valeur du coefficient d'émission spontanée est $Ag(\nu)\,d\nu$ avec la condition $\int g(\nu)\,d\nu = 1$. Comme ν varie très peu dans l'intervalle où $g(\nu)$ n'est pas négligeable, on peut admettre que B suit la même loi de variation en fonction de la fréquence. Le coefficient d'émission stimulée dans l'intervalle $d\nu$ sera donc $B\,U_\nu\, g(\nu)\,d\nu$.

Considérons maintenant un mode m de fréquence ν_m de largeur $\delta\nu$ et suppson que cette cavité ait un volume unité. Le nombre de photons produits par émission spontanée dans ce mode sera

$$\frac{A\,N_2\,g(\nu_m)\,\delta\nu}{N\,\delta\nu}$$

puisque l'émission spontanée est isotrope.

Ces photons seront détruits d'une part par absorption dans le matériau et d'autre part par pertes dans la cavité. On arrive donc à ce moment à la formule

$$\frac{A\,N_2\,g(\nu_m)}{N} = n\left[\frac{A}{N}(N_1 - N_2)\,g(\nu_m) + 2\,\pi\,\delta\,\nu\right]$$

qui peut se mettre sous la forme

$$N_2 = n\,[N_c + N_1 - N_2] \qquad \textit{avec}\;\; N_2 = \frac{2\,\pi\,\delta\nu\,N}{A\,g(\nu_m)} \qquad (7)$$

On peut donner une interprétation de cette valeur N_C en supposant que ν_m corresponde au maximum de la courbe de

fluorescence. Dans ce cas $\frac{1}{g(\nu_m)}$ est de l'ordre de grandeur de la largeur $\Delta\nu$ de la transition et en se rappelant que la largeur naturelle est donnée par $\frac{1}{A}$ on arrive à la formule suivante

$$Nc = \frac{(\delta\nu)\ mode\ .\ N\ (\Delta\nu)\ transition}{(\delta\nu)\ naturelle} \tag{8}$$

De cette formule, on peut déduire les facteurs qui sont favorables à l'obtention de l'effet laser. Il faut que les pertes dans la cavité soient très petites, et il faut que la largeur de la transition soit très petite. Or, on sait que dans la plupart des cas, cette largeur diminue avec la température. On voit donc que l'on aura toujours intérêt à travailler à une température basse.

La démonstration que nous avons esquissée pourrait également donner la finesse de la raie d'émission produite par le laser, de la même façon qu'on peut calculer la finesse d'une onde émise par un oscillateur à tube, finesse qui, on le sait, est en général beaucoup plus grande que la finesse de la cavité pilote.

6. Puissance de sortie

A l'aide de raisonnements simples, on peut calculer le nombre de photons n qui existent dans la cavité et, connaissant les pertes à l'extérieur, en déduire la puissance émise. Appelens P le nombre de systèmes excités par seconde au niveau 2. Si toutes les désexcitations sont radiatives, nous aurons la formule

$$P = A\,N_2 + \frac{A}{M}\,(N_2 - N_1)\,n \qquad \text{avec } M = \frac{N}{g(\nu_m)} \tag{9}$$

qui exprime que ces systèmes sont désexcités soit par émission spontanée, soit par émission stimulée dans le mode. La formule (7) et la formule (9) nous donnent deux équations et nous avons 3 inconnues: n, N_2 N_1. On peut tirer n si l'on fait des hypothèses sur N_2 et N_1.

Cas d'un système à trois niveaux

Admettons que la fuite de 3 vers 2 soit extrêmement rapide

et qu'il n'y a, en état stationnaire, pratiquement pas de systèmes excités à l'état 3.
Nous aurons alors $N_1 + N_2 = N$, N étant la concentration de systèmes actifs. De cette équation, on tire alors:

$$n = \left(P - \frac{A N_0}{2}\right) t_m - \frac{M}{2} \qquad \text{avec } t_m = \frac{1}{2 \pi \delta \nu} \qquad (10)$$

en supposant que n est très grand par rapport à 1, ce qui est vrai aussitôt qu'on a un tout petit peu dépassé le seuil de l'effet laser. Cette formule s'interprète simplement: pour obtenir l'effet laser, la pompe doit maintenir $\frac{N_0}{2}$ systèmes au niveau excité et doit en plus fournir 1/2 photon par mode.

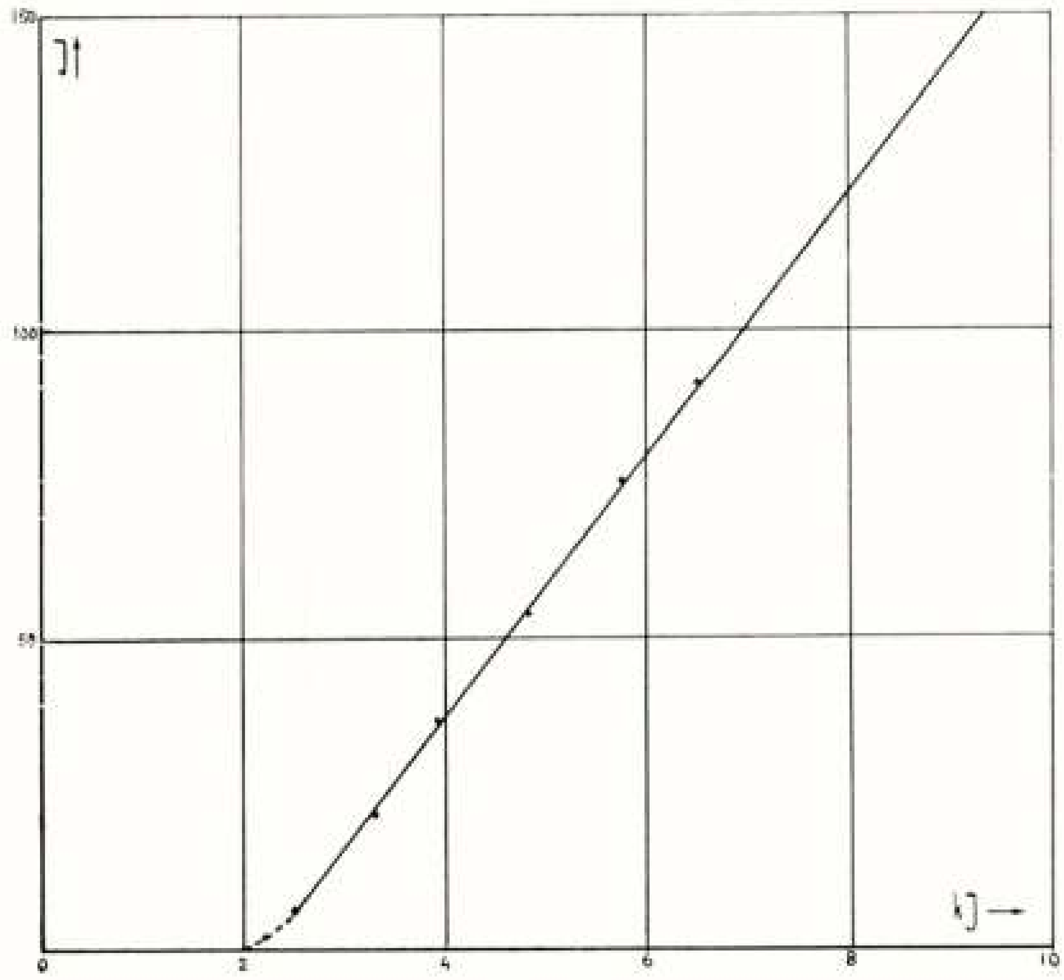


Fig. 2
Energie de sortie d'un laser à rubis en fonction de l'énergie de pompage

On voit qu'il existe une relation linéaire entre la puissance de sortie et la puissance de pompage. L'expérience montre que c'est également vérifié dans le cas de lasers à rubis pour l'énergie de sortie en fonction de l'énergie de pompage. La figure 2 montre la courbe obtenue pour un laser à rubis refroidi à l'azote liquide qui a été réalisé au Laboratoire Central de Télécommunications. L'énergie de 150 joules est émise dans un temps de l'ordre de 100 microsecondes. On voit donc que la puissance de crête est de l'ordre d'un mégawatt. Le rendement total est

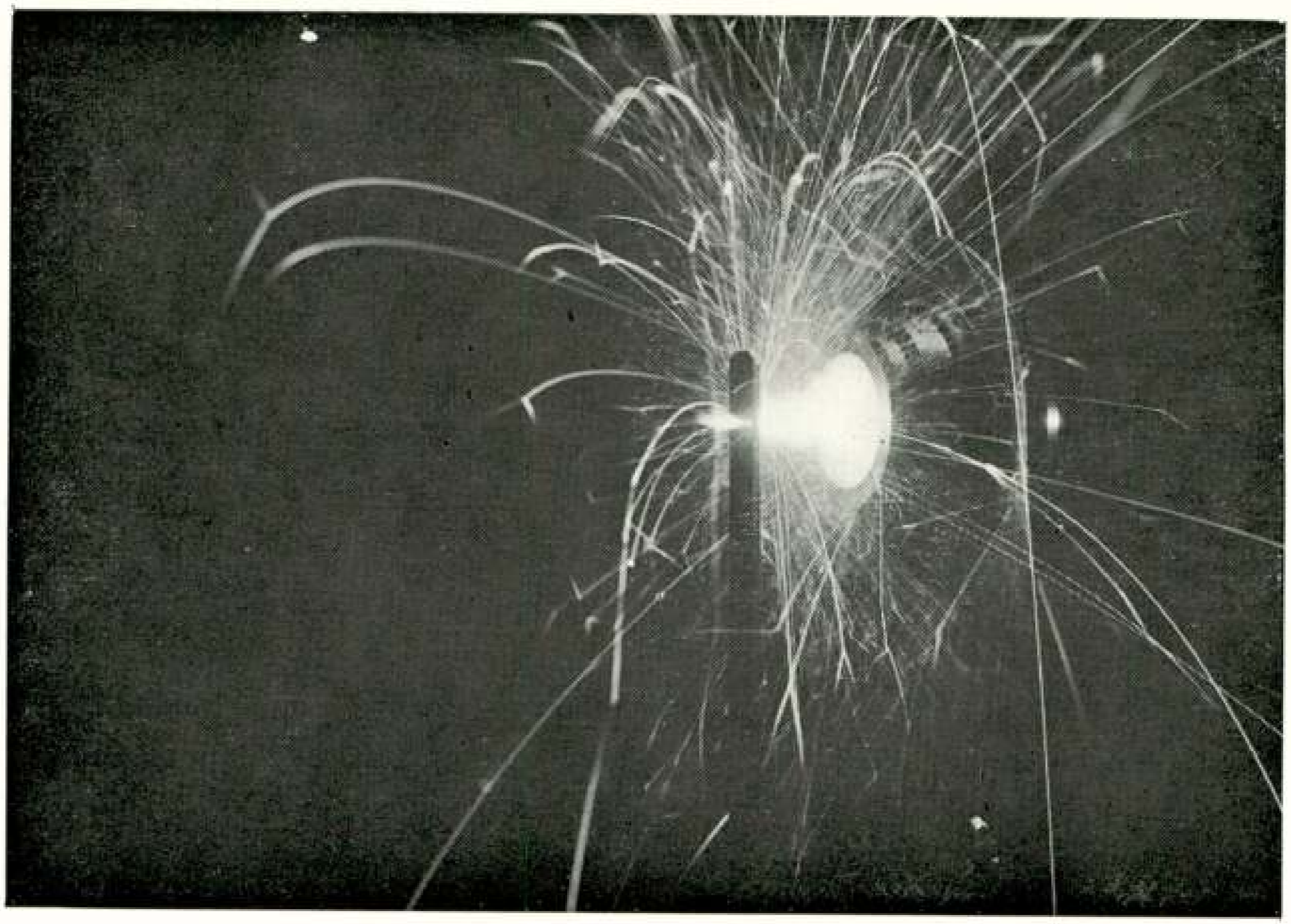


Fig. 3
Perçage d'une lame d'acier de 3 mm épaisseur par un laser 5 rubis
(Type 200.240)

de l'ordre de 1 à 2%, ce qui doit être considéré comme bon, compte tenu du nombre de causes de pertes d'énergie qui peut exister dans ce système. La figure 3 et la figure 4 montrent les effets qu'une telle concentration d'énergie peut avoir; perçage d'un trou à travers une plaque d'acier d'une épaisseur de 3 mm.

La relation 7 montre en outre que l'inversion de population est toujours légèrement inférieure à N_c. Toute la puissance de pompage que l'on ajoute à celle qui est nécessaire pour obtenir le seuil laser est transformée, au rendement près, en effet laser.

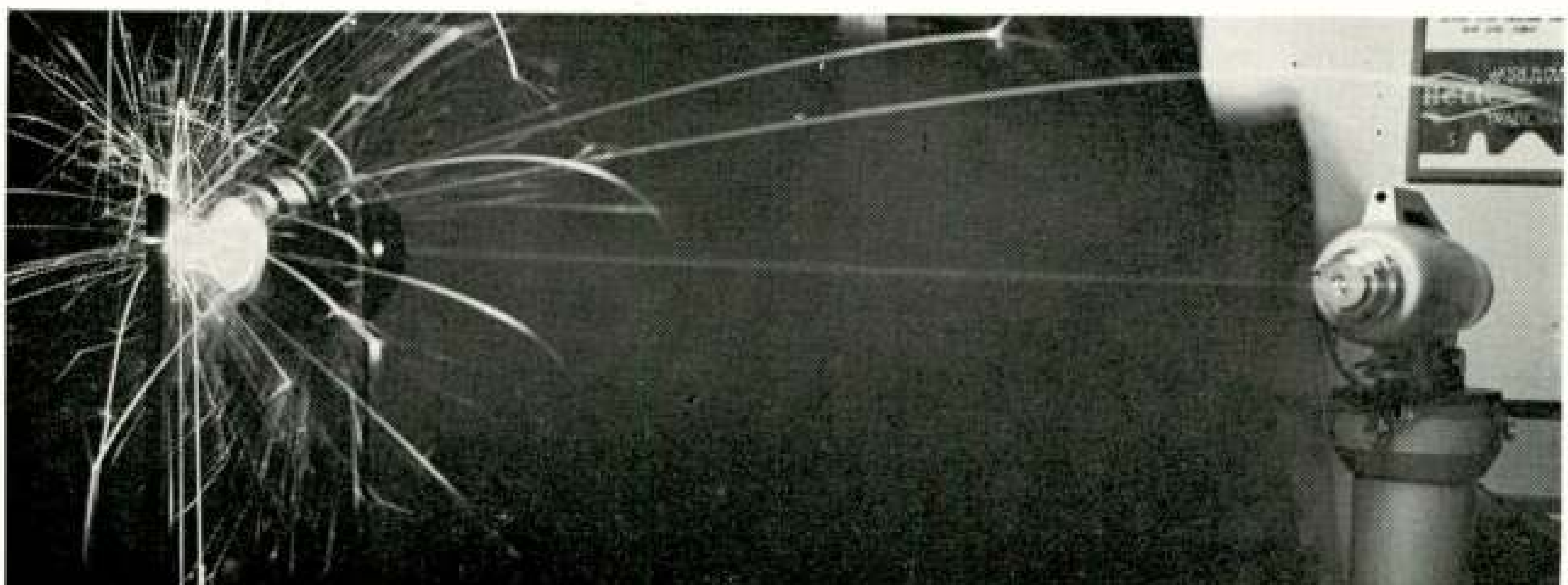


Fig. 4
Vue d'ensemble avec faisceau laser

On voit donc que le laser agit comme un limiteur sur la valeur qu'on peut obtenir de $N_2 - N_1$. S'il n'y avait pas d'effet laser $N_2 - N_1$ pourrait être beaucoup plus grand.

Cette remarque a conduit à la réalisation de lasers à impulsion géante. En effet, supposons que l'on pompe un rubis en dehors de sa cavité optique. Puisque la fluorescence du rubis a une durée de l'ordre de quelques millisecondes, on va pouvoir exciter beaucoup d'atomes de chrome au niveau 2. Si maintenant on introduit soudain ce rubis à l'intérieur d'une cavité optique, tous ces atomes excités vont se décharger d'un seul coup dans une impulsion géante qui pourra être très brève, La réalisation pratique d'un tel dispositif est constituée par un interféromètre extérieur au rubis dont l'un des miroirs est mobile ou bien dans lequel on a intercalé un interrupteur très rapide comme, par exemple, une cellule de Kerr. Les valeurs typiques que l'on peut obtenir sont des énergies de l'ordre d'un joule pendant 50 nanosecondes, ce qui donne des intensités lumineuses d'une vingtaine de mégawatts. Avec une aussi haute intensité du champ électromagnétique, il y a beaucoup de corps qui ne sont plus optiquement linéaires et on peut réaliser des conversions de fréquence, par exemple des doublages de fréquence ou bien des excitations de fréquence Raman.

Système à 4 niveaux

Pour un système à 4 niveaux, on pourrait prendre comme hypothèse que N_1 est nul, mais c'est notablement inexact. Il vaut mieux considérer que le niveau 1 a une durée de vie non nulle. On obtient donc $N_1 = \frac{P}{t_1}$.

Il est bien évident que t_1 doit être bien inférieur à $\frac{1}{A}$, sans quoi on ne pourrait pas obtenir l'inversion de population. A ce moment, le calcul effectué dans les mêmes conditions que précédemment donne la formule 11 qui s'interprète aussi simplement que la précédente

$$n = P(1 - A t_1)\, tm - M \tag{11}$$

7. Applications

Pour le moment, les applications des lasers sont encore dans

l'enfance. Il est même difficile d'envisager effectivement ce qu'elles pourront être. De même aux environs de 1900, il était difficile d'envisager les applications de la radioactivité. On peut cependant essayer de les classer: ces applications sont des conséquences de la cohérence spatiale et temporelle des radiations émises.

Jusqu' à présent, les applications réalisées ont surtout fait appel à la cohérence spatiale. Les plus évidentes sont la concentration de puissance dans un volume extrêmement réduit, ce qui permet de pouvoir vaporiser les matériaux les plus réfractaires, de faire de la chirurgie extrêmement délicate et également d'amorcer des réactions de photochimie.

On peut également utiliser la cohérence spatiale pour déterminer la position d'un objectif en distance et en angle. En effet la très faible longueur d'onde permet d'avoir une grande directivité avec cependant une antenne de dimensions très réduites. Au Laboratoire Central de Télécommunications, on a réalisé un télémètre qui permet de déterminer la distance d'objets ayant des dimensions de l'ordre du mètre avec une précision de l'ordre du mètre sur des distances allant jusqu' à 10 km. Il y a quand même des limitations à ces applications. Elles sont introduites d'une part par le fait que la lumière ou les rayons infrarouges ne peuvent pas passer à travers les nuages de pluie ou de grêle et que, d'autre part, au bruit électronique classique des appareils de mesure s'ajoute un bruit photonique extrêmement important. En effet, on sait comme le bruit électronique est repéré par kT. Le bruit photonique est repéré par la grandeur de l'énergie du photon soit $h\nu$. $h\nu$ et kT sont égaux à la température ambiante pour des longueurs d'onde de l'ordre de 20 Microns; pour des longueurs d'ondes plus courtes, le bruit photonique est de loin le bruit prépondérant.

On peut penser à utiliser la cohérence temporelle du laser pour mesurer de très faibles variations de vitesse par effet Doppler, mais ces applications sont encore au stade expérimental. En ce qui concerne les communications à larges bandes de fréquence, on a jusqu' à présent rencontré de grandes difficultés pour moduler le faisceau lumineux. Il est en effet extrêmement dispendieux en énergie de vouloir moduler un faisceau lumineux à l'intérieur d'une grande bande de fréquence. On peut considérer que dans l'état actuel de la technique, la limite pratique de la bande que l'on peut obtenir est de l'ordre de 50 mégacycles. D'autre part, il existe des difficultés pour la détection. Nous avons vu que les lasers sont d'autant plus difficiles à

faire fonctionner que leur longueur d'onde est plus courte. On trouve constamment de nouvelles longueurs d'ondes de laser dans l'infrarouge, mais non pas dans le visible. Malheureusement, il n'existe pas encore pour l'infrarouge des détecteurs rapides comparables à la photocathode. Il est toutefois permis de penser que ces inconvénients ne sont pas fondamentaux et pourront être surmontés dans un proche avenir, par exemple en développant des détecteurs à semiconducteurs. A ce moment, la transmission d'information au moyen de liaisons optiques présentera un très vif intérêt.

Manuscript ontvangen 27 december 1963

Modulationsverfahren für Laser

von R. Müller

Vortrag gehalten vor Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap Koninklijk Instituut van Ingenieurs und Nederlandse Natuurkundige Vereniging am 11 November 1963.

Dieser Uebersichtsvortrag beschreibt nach einer kurzen Aufzählung der zur Lichtmodulation in Frage kommenden Effekte wie Kerr-Effekt, Pockels-Effekt, Faraday-Effekt usw. folgende drei Modulationsverfahren an Hand des linearen elektrooptischen oder Pockels-Effekt:

1. Die externe Modulation. Diese klassische Art der Lichtmodulation beeinfluszt die von einem Lichtsender abgegebene kontinuierliche Strahlung.
2. Die interne Modulation. Bei ihr wird die Erzeugung von optischer Strahlung direkt beeinfluszt. Dieses von Hellwarth-McClung und Gürs für den Laser eingeführte Verfahren eignet sich sehr gut zur hochfrequenten aber schmalbandigen Modulation optischer Signale.
3. Die von uns eingeführte Auskoppel- und Gegentaktmodulation.
   Sie beruht auf einer Steuerung der Auskopplung des im Laser kontinuierlich erzeugten Lichtes und ist besonders für hochfrequente und breitbandige Modulation geeignet. Die verfügbare Bandbreite kann dabei ohne weiteres Werte von GHz erreichen.

Bei der externen Modulation ist die für eine $100^0/_0$-ige Modulation erforderliche Spannung am Kristall gleich 11 kV, wenn es sich beim Modulationskristall um Kaliumdihydrogenphosphat (KDP) handelt. Die erforderliche Modulationsleistung ist aus diesem Grund sehr grosz, beispielsweise einige 100 W für Modulationsfrequenzen im Mikrowellenbereich und Bandbreiten der Gröszenordnung 10 MHz.
Bei der internen Modulation wird die Licht-Emission direkt gesteuert. Es wird dazu ein Modulationskristall in den inneren Strahlengang eines Lasers gebracht. Im Vortrag wird an Hand

*) Forschungslaboratorium der Siemens & Halske AG., München

von theoretischen Ueberlegungen und praktischen Experimenten gezeigt, dasz bei diesem Verfahren wesentlich kleinere Modulationsleistungen erforderlich sind. Als Nachteil der internen Modulation musz die Beschränkung der Bandbreite genannt werden; da nämlich bei der Modulation die im optischen Resonator gespeicherte elektromagnetische Energie auf- bzw. abgebaut werden musz, begrenzt dieser Resonator die Bandbreite. Will man sehr hohe Modulationsfrequenzen benutzen, so kann man den optischen Resonator, der eine ganze Serie von Eigenfrequenzen aufweist, so abstimmen, dasz Träger und Seitenband in verschiedene Eigenfrequenzen fallen.

Bei der Auskoppelmodulation tritt die Begrenzung der Bandbreite durch den optischen Resonator nicht auf. Es wird hier ein geringer Prozentsatz der im Resonator laufenden Welle moduliert ausgekoppelt; die Energie im Resonator musz sich dazu nicht ändern. Der Auskoppelvorgang vollzieht sich etwa folgendermaszen: Eine kleine Modulationsspannung am KDP-Kristall bewirkt eine Erzeugung einer geringen Elliptizität, wenn linear polarisiertes Licht in den Modulationskristall eintritt. Die hier neu entstandene auf die ursprüngliche Polarisationsrichtung senkrecht stehende Komponente wird in einem nachfolgend als Polarisationsweiche dienenden Rochon-Prisma ausgekoppelt.

Im Vortrag werden Experimente an Rubin-Lasern mit Modulationsfrequenzen von 30 MHz beschrieben. Weitere Experimente an einem im Dauerstrichbetrieb laufenden Gasmaser bestätigen die theoretischen Ueberlegungen und zeigen, dasz nur sehr geringe Modulationsleistungen erforderlich sind. In einem Beispiel werden zur Erzeugung von 1 KHz Impulsen Spannungen von etwa 200 V gebraucht, in dem anderen Beispiel genügen Modulationsleistungen von etwa 10 mW zur Modululation einer sichtbaren Laserstrahlung mit einem 2 GHz Signal.

In einem Vergleich zwischen den verschiedenen Modulationsverfahren erkennt man, dasz der Leistungsbedarf der Koppelmodulation bei gleicher Bandbreite etwa um den Faktor 100 — 1000 kleiner ist als der der externen Modulation. Es sind demnach Bandbreiten der Gröszenordnung GHz mit Modulationsleistungen von etwa 20 W zu erzielen. Der Leistungsbedarf der internen Modulation ist äuszerst gering (Gröszenordnung Watt und darunter); die Bandbreite ist jedoch in der Praxis auf Werte von etwa 10 MHz begrenzt.

Manuscript ontvangen 24 januari 1964.

Comparative trials with 10 cm and 3 cm radar equipment, during a trip from Europoort - The Netherlands to Port-Said - Egypt - in the month March 1963, on board Dutch Tanker „ONDINA" of Shell Tankers Ltd.

Introduction

This paper contains a report which is a continuation of a previous paper (see Tijdschrift van het Nederlands Radio Genootschap. **27** (1962), Page 141).

The contents of this report are based on measurements and data provided by Mr. J. A. Klerk, Nautical Instructor at the School of Navigation at Amsterdam.

The cooperation of Shell Tankers N.V. is greatly appreciated.

1. Characteristics of equipment

The following table shows the main differences of the characteristics of the two equipments.

	RAYTHEON:	
	Type 1602 (10 cm)	Type 1605 (3 cm)
Peak transmitter power:	20 kW or 50 kW (the 10 cm set has switchable power)	40 kW
Antenna horizontal beamwidth (between the "half power" points) :	1,°4	0,°6
Antenna rotation (revolutions per minute) :	12	20
Polarisation of the slotted waveguide-antenna :	vertical (16-feet antenna)	horizontal (12-feet antenna)
„Overall noise figure" :	13 db	11 db
The mean height of the aerials above sea-level :	appr. 27 metres	appr. 28 metres

It is further stated that the pulse length and pulse repetition frequency of both equipments are as follows:

Ranges $\frac{1}{2}$, 1, 2 and 4 n.m.: pulse length 0,05 μsec.
pulse repetition frequency 4000 c/s.
Ranges 8, 20 and 50 n.m. : pulse length 0,5 μsec.
pulse repetition frequency 1000 c/s.
Bandwidth on short pulse (0,05 μsec) : 30 mc/s.
Bandwidth on long pulse (0,5 μsec) : 8 mc/s.

2. Max. range of target-detection

The ratio of the observed mean maximum range of target detection:

3 cm $^{40\ kW}$: 10 cm $^{20\ kW}$ (both on "long pulse") = 100 : 119
3 cm $^{40\ kW}$: 10 cm $^{50\ kW}$ (both on "long pulse") = 100 : 130
10 cm $^{20\ kW}$: 10 cm $^{50\ kW}$ (both on "long pulse") = 100 : 109

An example of the difference in range of detection is shown in figures 1 (3 cm $^{40\ kW}$), 2 (10 cm $^{50\ kW}$) and 3 (10 cm $^{20\ kW}$).

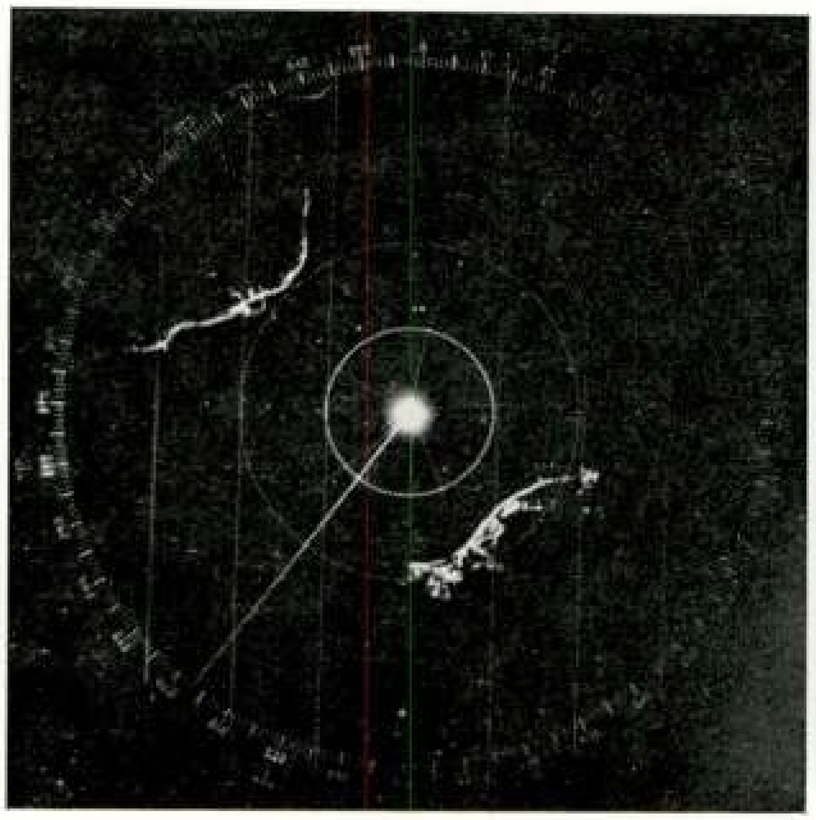


Fig. 1

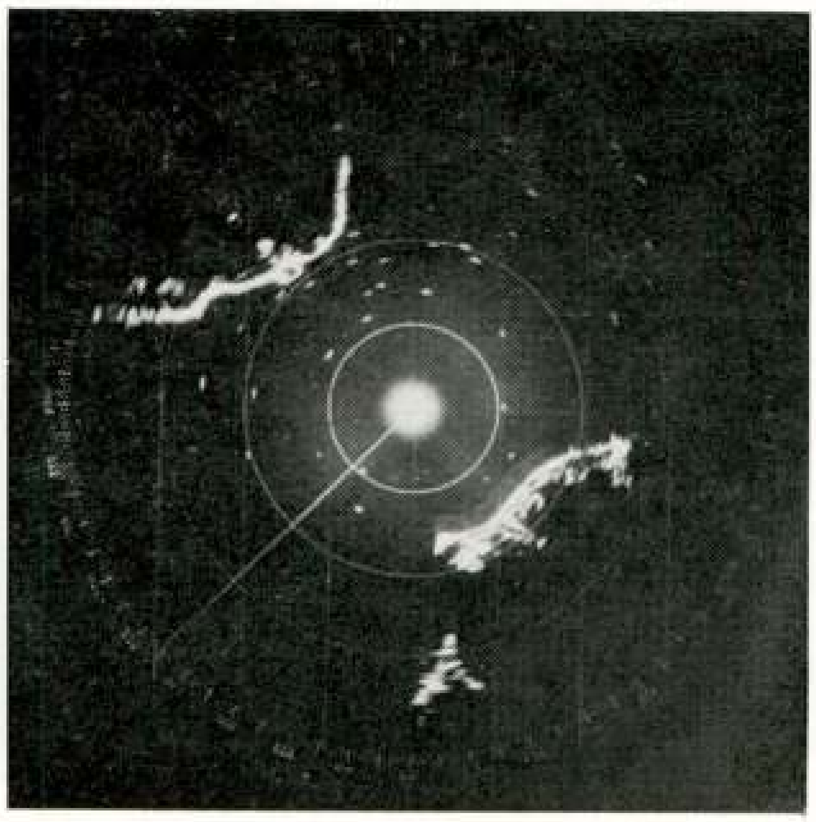


Fig. 2

3. Maximum range of sea-clutter detection

The detection of "targets in sea-clutter under bad sea- and swell-conditions" appears to be the same on both radar-sets. In cases that on "long pulse" (range scale 8 n.m.) when the "target" disappeared in sea-clutter (see figures 4 (10 cm $^{20\ kW}$), 5 (10 cm $^{50\ kW}$) and 6 (3 cm $^{40\ kW}$)) it was always possible to distinguish that "target" by using s.t.c. (see figures 7 (10 cm ^{20kW}), 8 (10 cm $^{50\ kW}$) and 9 (3 cm $^{40\ kW}$)).

While in the same cases on „short pulse" (range scale 4 n.m.) the "target" could be distinguished without using any s.t.c. at all. (See figures 10 (10 cm $^{20\ kW}$), 11 (10 cm $^{50\ kW}$) and 12 (3 cm $^{40\ kW}$)).

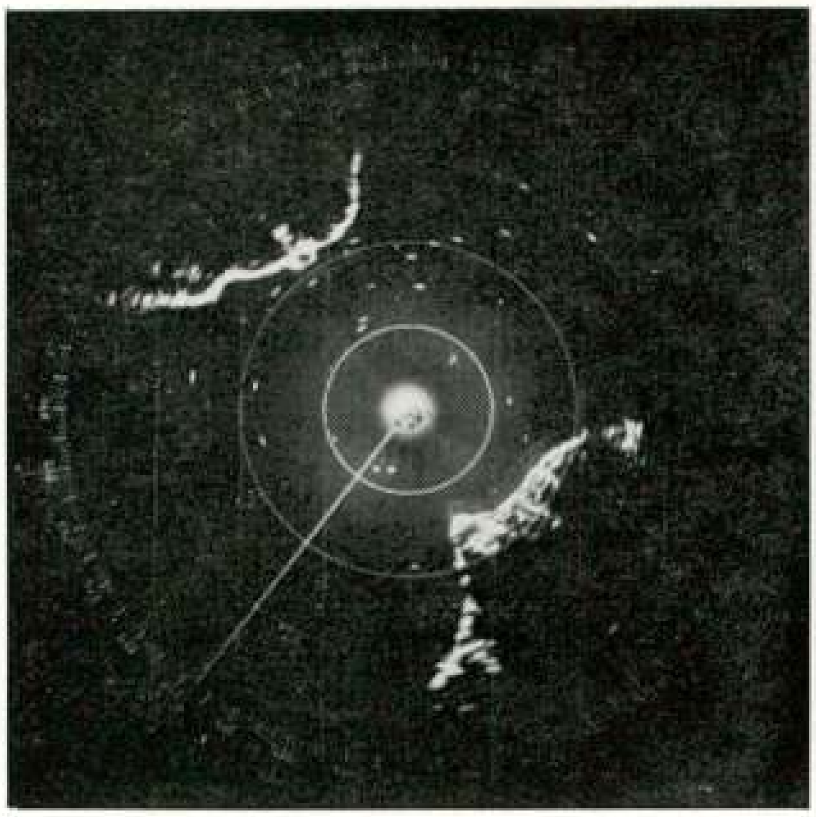


Fig. 3

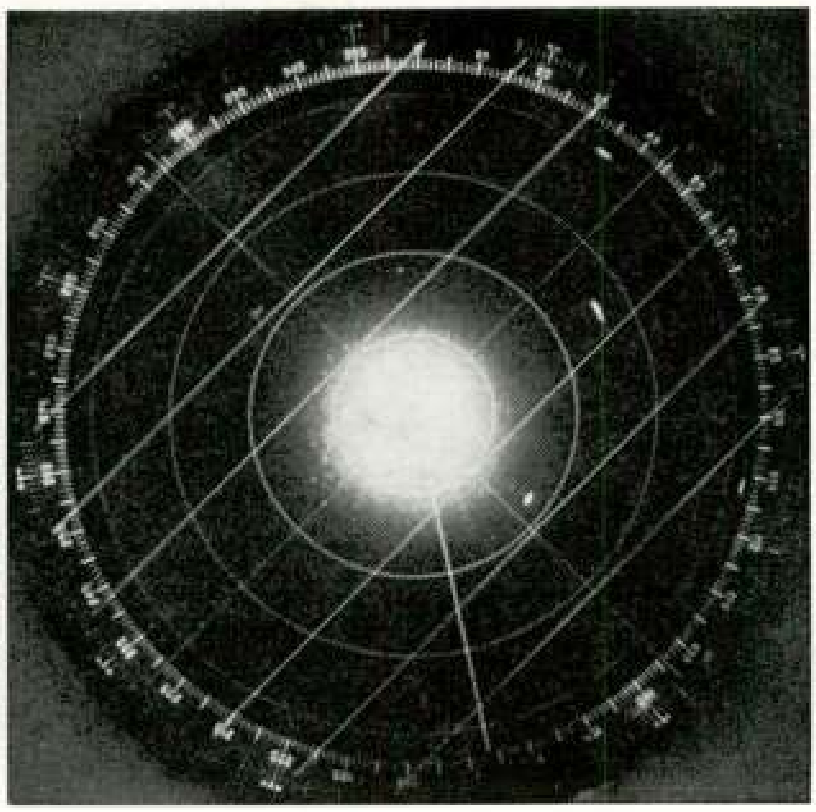


Fig. 4

The ratio of the mean maximum range of sea-clutter detection: 3 cm $^{40\,kW}$: 10 cm $^{20\,kW}$ (both on "long pulse") amounts to 100: 100,1, the same ratio if both radars are on „short pulse" amounts to 100 : 131 (see figures 6 and 4 and figures 12 and 10) while also 3 cm $^{40\,kW}$: 10 cm $^{50\,kW}$ (both on "long pulse") amounts to 100:119.

The same ratio if both radars are on "short pulse" amounts to 100 : 153 (see figures 6 and 5 and figures 12 and 11).
10 cm $^{20\,kW}$: 10 cm $^{50\,kW}$ (both on "long pulse") amounts to 100: 112, the same ratio (both on"short pulse") amounts to 100 : 120 (see figures 4 and 5 and figures 10 and 11).

3 cm $^{40\,kW}$ - short pulse : long pulse = 100 : 188
10 cm $^{20\,kW}$ - the same = 100 : 142
10 cm $^{50\,kW}$ - the same = 100 : 136

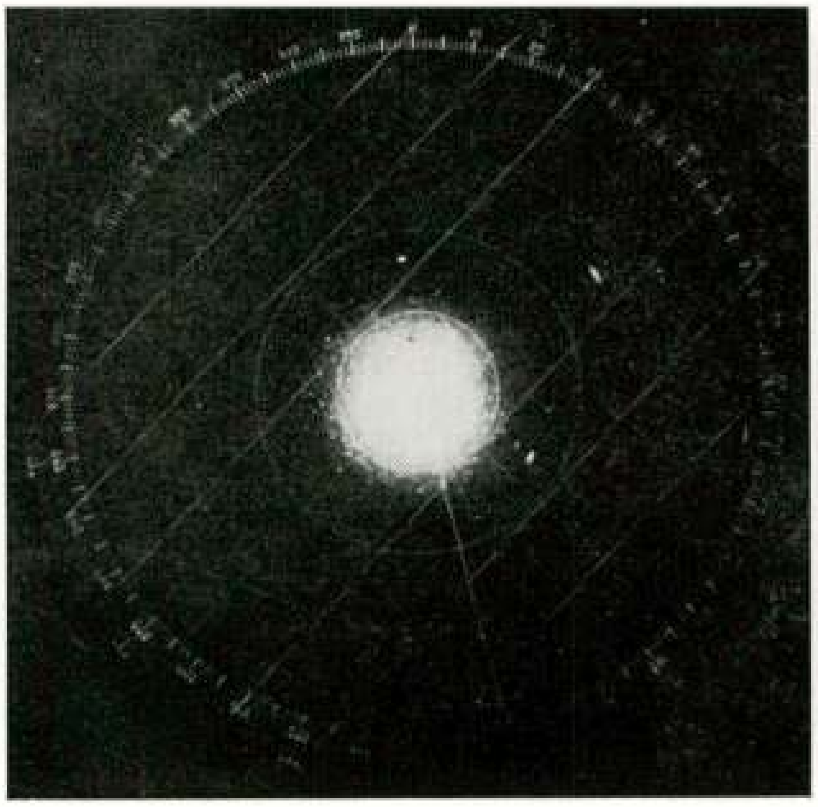


Fig. 5

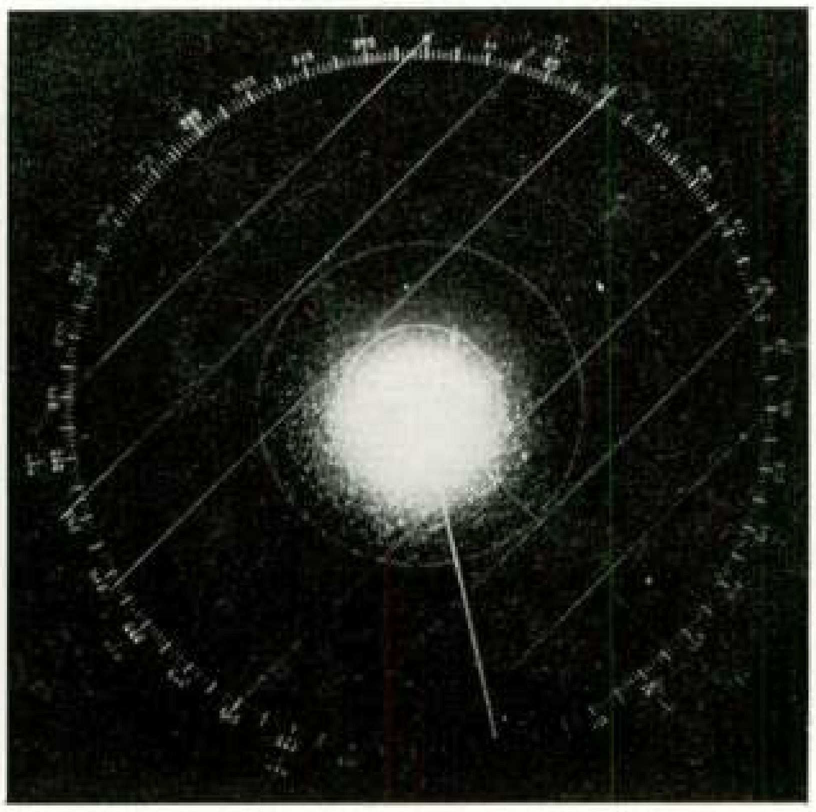


Fig. 6

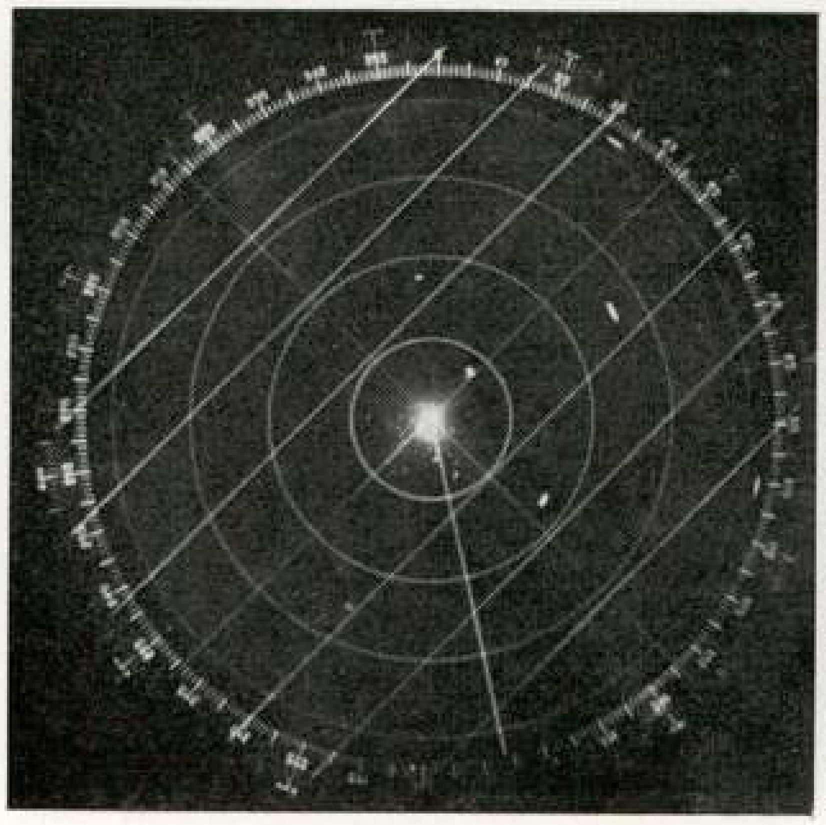


Fig. 7

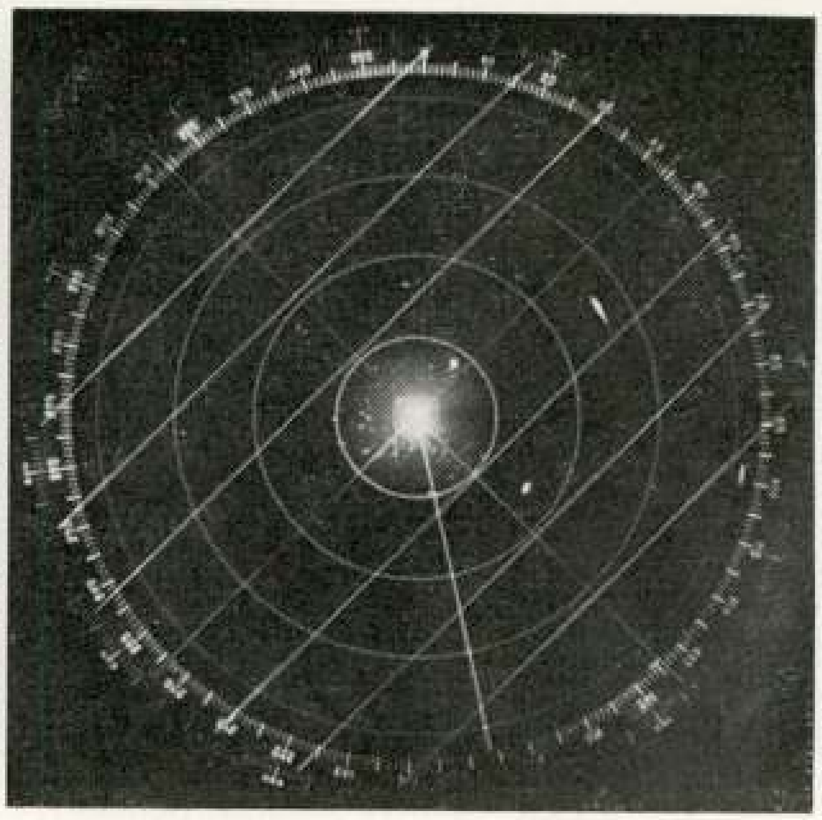


Fig. 8

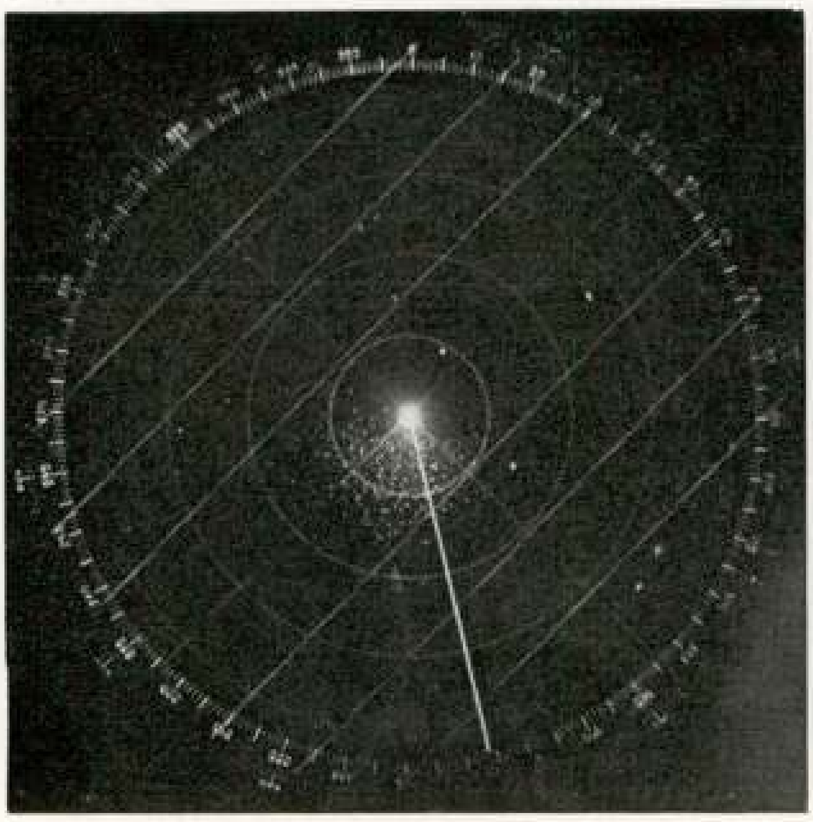


Fig. 9

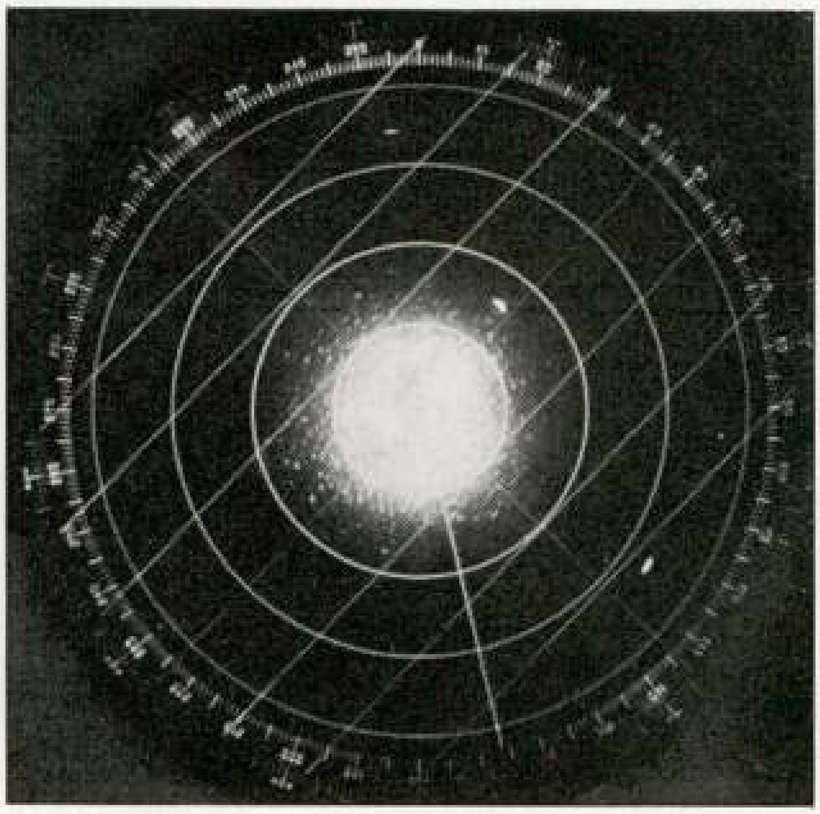


Fig. 10

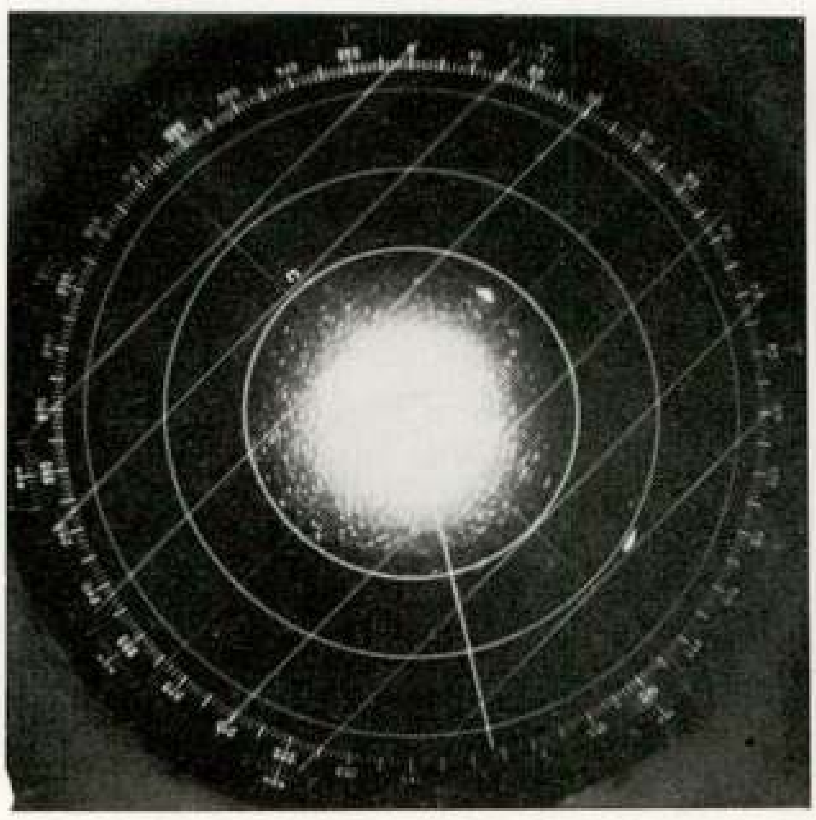


Fig. 11

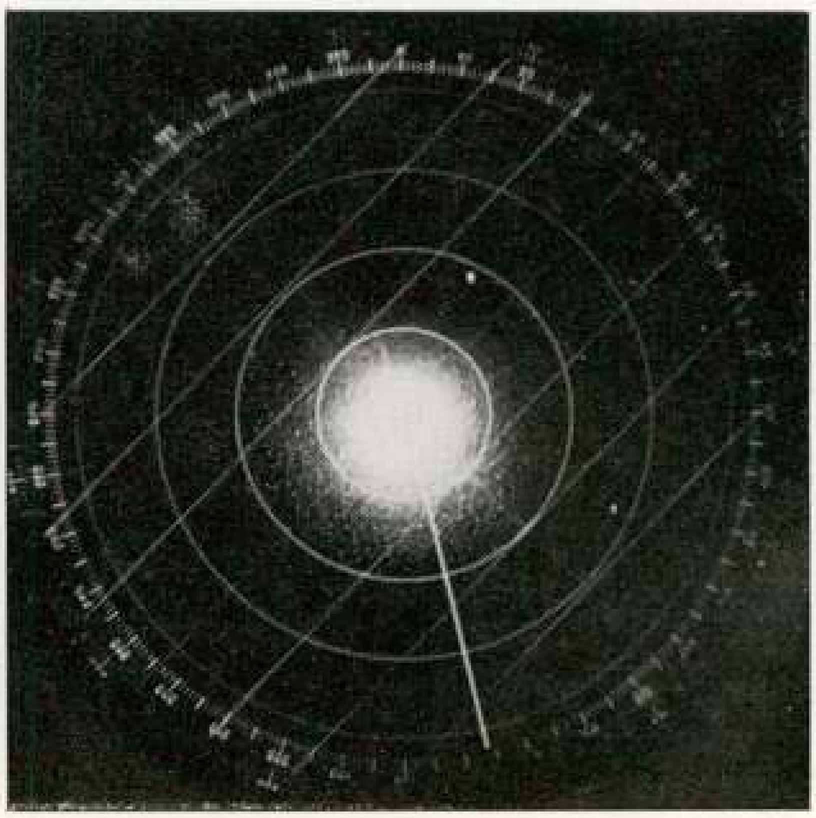
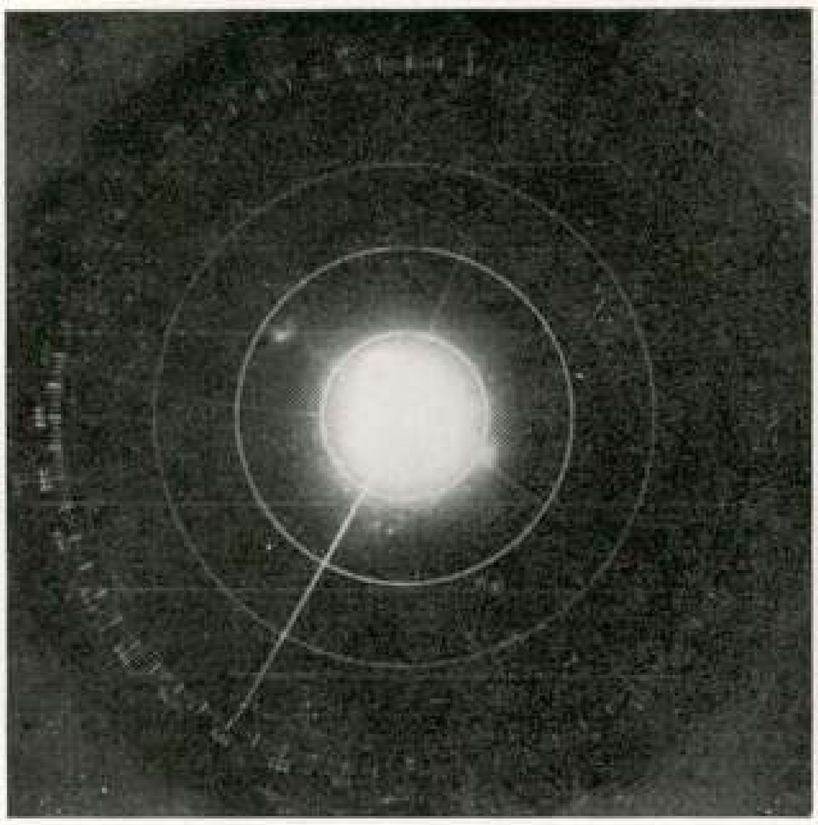
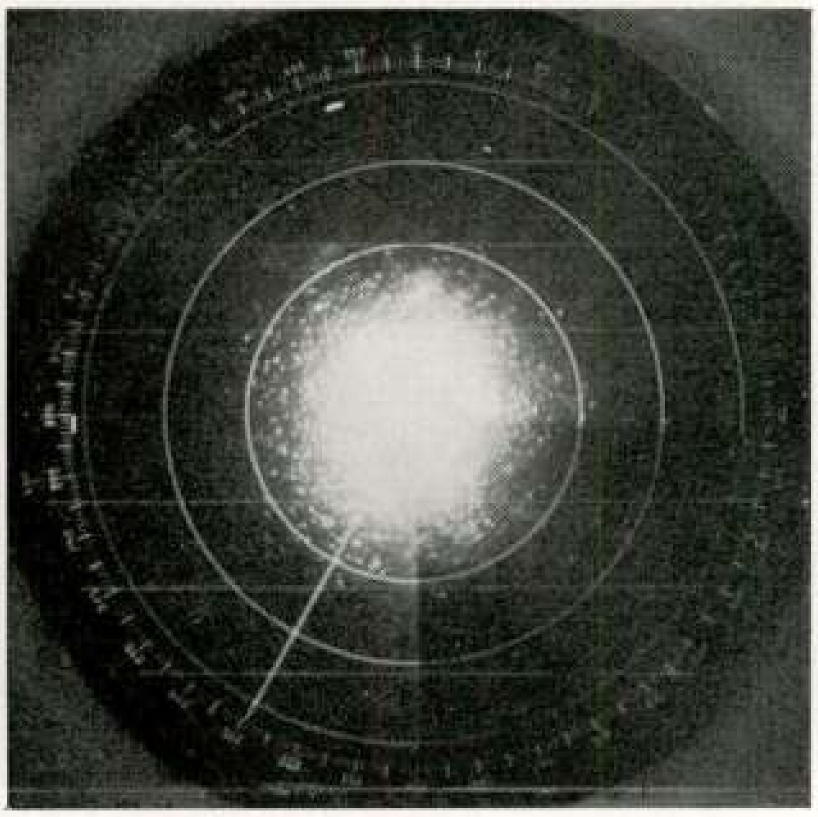


Fig. 12


Fig. 13


Fig. 14

No "swept gain" or "s.t.c." was applied. See also 7.4.

4. Rain clutter

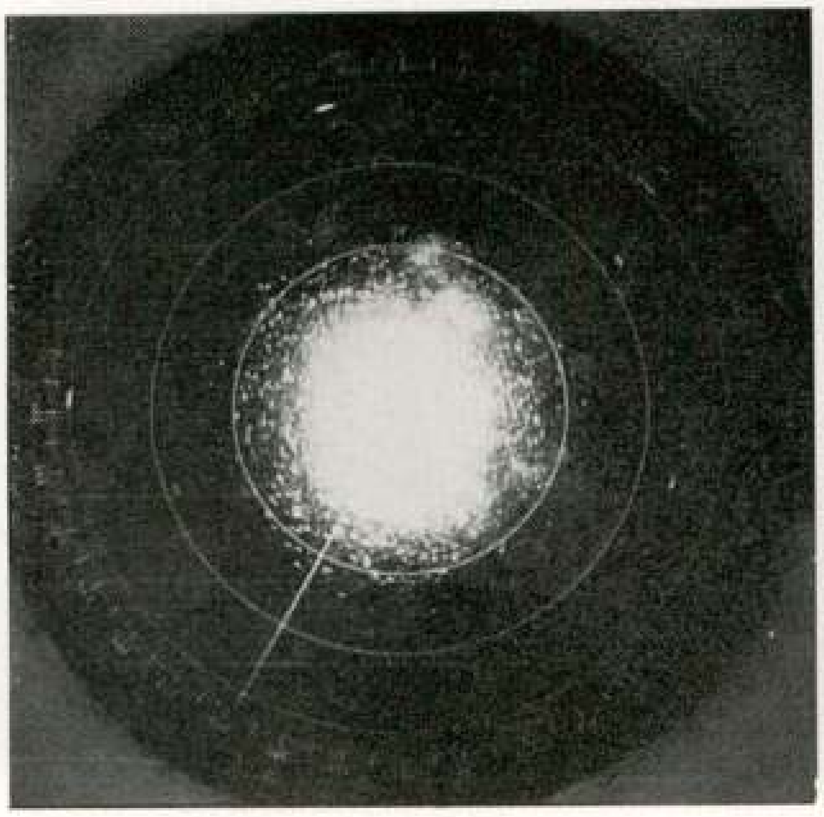
Only on a few occasions rain-clutter was encountered. Generally it has been proved, that precipitation in the form of rain is better detected on 3 cm $^{40 kW}$ radar than on 10 cm $^{20 kW}$ radar (see figures 13 (3 cm $^{40 kW}$) and 14 (10 cm $^{20 kW}$)), but is better detected on 10 cm $^{50 kW}$ radar then on 3 cm $^{40 kW}$ radar (see figures 15 (10 cm $^{50 kW}$ and 13 (3 cm $^{40 kW}$)).

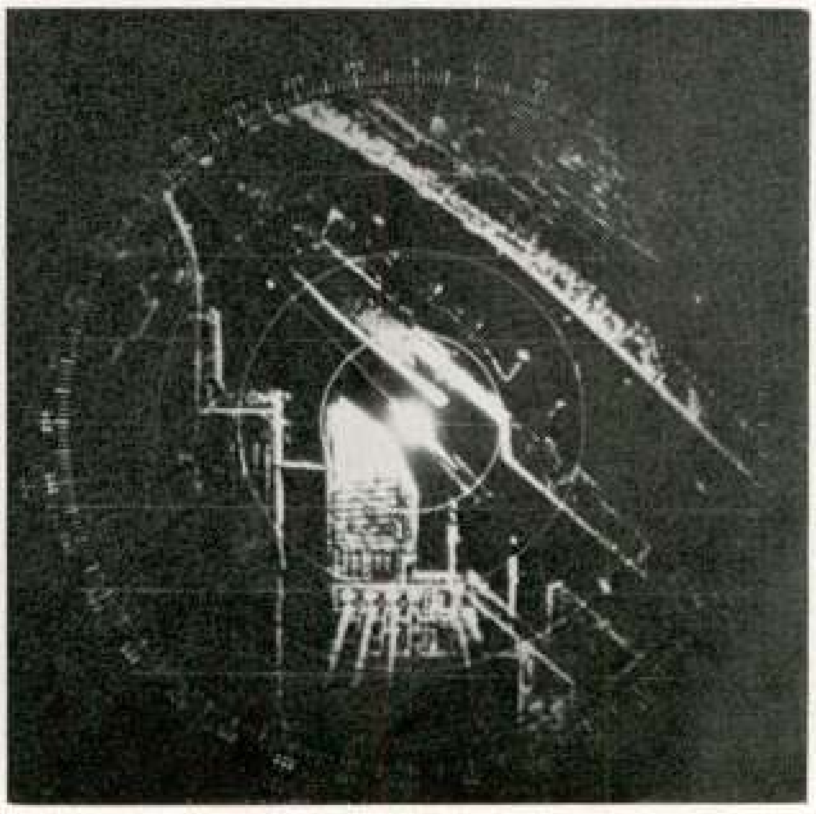
5. Snow and hail

Not encountered.

6. Picture-definition

From the characteristics of both equipments it will be expected


Fig. 15


Fig. 16

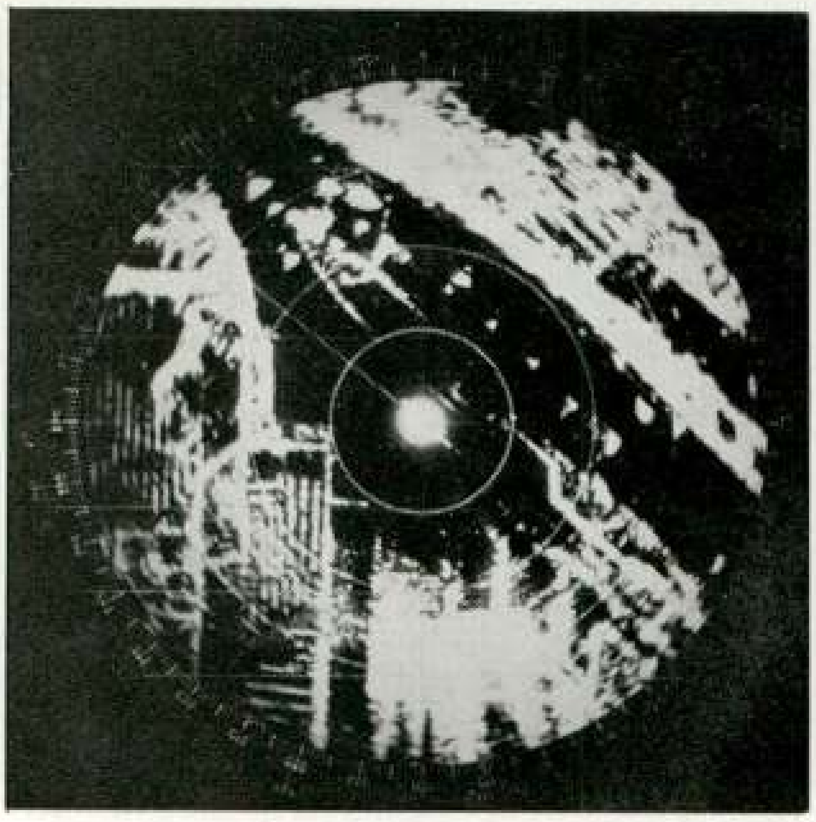


Fig. 17

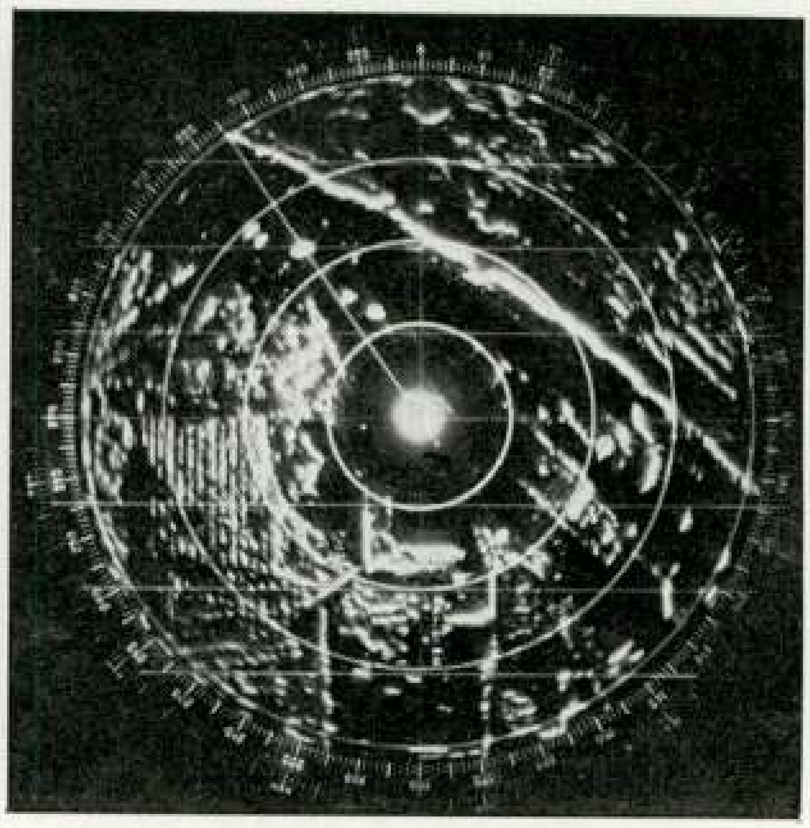


Fig. 18

that the picture-definition of the 3 cm-installation is better. The photographs

figures 16 (3 cm $^{40\,kW}$; s.t.c. = 1/10; f.t.c. = 0),
17 (10 cm $^{50\,kW}$; s.t.c. = 1/10; f.t.c. = 0) and
18 (10 cm $^{50\,kW}$; s.t.c. = 1/10; f.t.c. = $\frac{1}{2}$)

are indicating such.

The photographs are showing the radar-picture of Europoort The Netherlands.

7. Preliminary conclusion

1) It has been proved that the 50 kW peak transmitter power of the 10 cm radar offers no appreciable advantage to a 20 kW peak power, for navigational purposes.
2) Picture definition of the 3 cm radar has always shown to be better.
3) The principle question involved in this study: Is there an advantage for using either 10 cm or 3 cm on board of commercial vessels with regard to rain squalls, snow or hail, when properly adjusting the f.t.c. and s.t.c. controls, must remain unanswered.
4) Observations have shown that:
   a) With a slight and moderate sea it is easier to remove "sea-clutter" from the wanted target with the 10 cm radar.
   b) With a heavy sea there is no appreciable difference, with regard to the detection of a target "screened by sea-clutter", between the 3 cm and 10 cm equipments.

Advantage of a 10 cm $^{50\,kW}$ equipment has not been ascertained.

5) At this stage of the experiments it is difficult to weight the pros and cons of the two equipments reasonably exact.

The equipments involded are the same as compared previously with the exception that now the horizontal beamwidth of the 10 cm equipment amounts to 1.4 degrees (previously 1.9 degrees) and that the transmitter peak power output is switcheable between 20 kW and 50 kW (previously 20 kW only).

For the sake of clarification some of the formerly obtained figures are quoted:

Maximum range of target detection:

3 cm $^{40\,kW}$: 10 cm $^{20\,kW}$ = 100 : 79
neglecting very extreme values = 100 : 83.

Maximum range of sea-clutter detection:

3 cm $^{40\,kW}$: 10 cm $^{20\,kW}$ (both long pulse) = 100 : 60
3 cm $^{40\,kW}$: 10 cm $^{20\,kW}$ (both short pulse) = 100 : 44
3 cm $^{40\,kW}$ short pulse: long pulse = 100 : 183
10 cm $^{20\,kW}$ short pulse: long pulse = 100 : 225.

CONGRESSEN E.D.

International Symposium on System Theory.

Het vijftiende van de jaarlijks door het Polytechnic Institute of Brooklyn georganiseerde Symposia zal gewijd zijn aan Systeem-theorie. Het zal worden gehouden van 20-22 april 1965 in New York.

Symposium Committee: Polytechnic Institute of Brooklyn, 333 Jay Street, Brooklyn, N.Y.

Tagung: Zuverlässigkeit.

In Neurenberg wordt op 22 en 23 april 1965 een symposium over „Betrouwbaarheid" gehouden. De organisatie is in handen van het Nachrichtentechnische Gesellschaft im VDE.

Symposium-adres: Richard-Wagnerplatz 1, 85 Nürnberg.

JAARLIJKSE EXPOSITIEMOGELIJKHEID VOOR ELEKTRONISCHE ONDERDELEN EN BOUWELEMENTEN

De Vereniging HET INSTRUMENT, de Stichting FIRATO Radio-tentoonstelling en de Vereniging F.I.A.R. hebben de volgende regeling getroffen.

De twee *professionele* tentoonstellingen FIAREX en HET INSTRUMENT zullen alternerend gehouden worden.

HET INSTRUMENT om de twee jaren en wel in de oneven jaren, in Utrecht, Jaarbeursgebouw, Croeselaan.

De FIAREX, om de twee jaren, en wel in de even jaren in Amsterdam, RAI-gebouw.

De algemene wens naar een *jaarlijkse* expositie van *onderdelen* en *bouwelementen* voor bedrijfselektronica wordt gehonoreerd door deze artikelen ook in het officiële expositieprogramma van HET INSTRUMENT op te nemen.

Hiertoe is een formule uitgewerkt, die het voor niet-Instrumentleden mogelijk maakt aan de tentoonstelling HET INSTRUMENT deel te nemen. Deze regeling geldt voor leden van de Vereniging FIAR, maar ook voor standhouders die buiten verenigingsverband aan bedrijfselektronica-exposities hebben deelgenomen, met dien verstande dat alleen *professionele* onderdelen in aanmerking komen.

De leden van HET INSTRUMENT zullen met een inzending service-instrumenten voor radio en televisie deel kunnen nemen aan de FIAREX-onderdelen-expositie.

Wat de publieks-tentoonstelling „FIRATO" betreft, memoreren wij voor de goede orde dat deze in de bekende vorm, alle oneven jaren in Amsterdam in het RAI-gebouw gehouden wordt. De FIRATO 65 van 16 t/m 26 september.

De FIRATO staat dan ook geheel los van de bovengenoemde regeling aangezien deze alleen op de sector bedrijfselektronica van toepassing is.

TENTOONSTELLING „HET INSTRUMENT 1965".

Van 14 tot en met 22 september a.s. zal in Utrecht voor de zesde maal de tentoonstelling „HET INSTRUMENT" worden gehouden. Deze tentoonstellingen worden op coöperatieve basis georganiseerd door de gelijknamige vereniging van Nederlandse fabrikanten en importeurs van instrumenten voor wetenschappelijk en technisch gebruik.

Onder de sedert de vorige expositie (1963) toegetreden nieuwe leden bevinden zich zowel leveranciers van laboratoriuminstrumenten als van instrumentatie voor de meet- en regeltechniek, zodat verwacht mag worden dat de komende tentoonstelling deze gebieden nog vollediger zal dekken.

Doordat de Koninklijke Nederlandsche Jaarbeurs ditmaal behalve de Marijkehal de nieuwe Irenehal ter beschikking stelt, zal het mogelijk zijn om alle facetten van de instrumentatie op een ruime en overzichtelijke wijze onder dak te brengen.

BOEKAANKONDIGINGEN

Van het ABC der Elektrontechnologie door Ir. J. G. R. van Dijck verscheen bij Idocet-straling, Antwerpen, het tweede deel gewijd aan „Bouwelementen". Opzet en uitvoering zijn gelijk aan die van het eerste deel dat wij bespraken in Deel 28 (1963) p. 334. De prijs is 95 B. fr.

Van de bekende „MIT-Radiation Laboratory Series" verscheen een goedkope herdruk bij Boston Technical Publishers. Alle 28 delen zijn verkrijgbaar.

Als Monograph 78 werd door het National Bureau of Standards gepubliceerd "A complete Mode Sum for LF, VLF, ELF Terrestrial Radio Wave Fields". Hierin wordt een meer nauwkeurige beschrijving gegeven van LF, VLF en ELF radiogolven in de ruimte tussen ionosfeer en aardoppervlak.

Door Siemens werd in de serie „Informationen zur Prozeszautomatisierung" een derde aflevering verzorgd (48 bladzijden) waarin weer verschillende artikelen voorkomen die op dit onderwerp betrekking hebben.

BOEKBESPREKINGEN

Televisie ontvangsttechniek, door U. Allaeys, Uitg. Mij. Kluwer, Deventer, 1964, 632 bladzijden, 740 figuren. Prijs *f* 75,—.

Dit boek is in de eerste plaats bedoeld als leerboek voor de hogere technische scholen. Het bevat bovendien talrijke uitgewerkte rekenvoorbeelden en gedetailleerde technische beschrijvingen, die het ook later als naslagwerk nuttig maken.

De schrijver behandelt alleen ontvangers met buizen, voor zwart-wit-signalen. (Slechts één kanaalkiezer met transistors komt in het boek voor.) In deze ontvangsttechniek is een voldoende mate van stabilisatie ingetreden, zodat de beschrijvingen niet snel zullen verouderen. Kleurentelevisie wordt buiten beschouwing gelaten.

Het boek is er vooral op gericht, dat men het bestudeerde ook praktisch kan toepassen. De hier en daar puntsgewijze vorm van behandeling en het grote aantal „recepten" en rekenschema's zullen in positieve zin hiertoe bijdragen.

De technische inhoud is breed van opzet. Hoog- en middenfrequentieversterkers, bandfilters en rejectorkringen, niet sinusoidale oscillatoren, synchronisatie, gebruik van halfgeleiders (NTC-weerstanden enz.), beeldbuis en voeding komen alle uitvoerig aan de orde. In het Nederlandse taalgebied kennen we geen boek, dat dit gedeelte van de televisietechniek zo uitvoerig behandelt. Behalve aan de eigenlijke techniek wordt ook ruimschoots aandacht besteed aan de wiskundige hulpmiddelen, zoals de laplace-transformatie bij het oplossen van differentiaalvergelijkingen en de rol van polen en nulpunten bij impedantiefuncties. Bij de lezer wordt bekendheid met de complexe rekenwijze verondersteld.

Er zijn enkele kleine onnauwkeurigheden. Zo is de principe-opstelling van de lichtstip-aftaster niet praktisch. Men zal het diapositief nooit direct voor de kathodestraalbuis plaatsen, maar liever eerst een afbeelding van het raster in het vlak van het diapositief maken. Bij de definitie van het ruisgetal als het quotient van het totaal ruisvermogen aan de ingang, en het ruisvermogen van de bronimpedantie, moet de lezer erop letten, dat de ingang van de ideale versterker is bedoeld, waarbij alle ruis naar die ingang is teruggerekend. Overigens wordt het verschil tussen ruisaanpassing en vermogensaanpassing goed uiteengezet. Naast „mengbuis" zien we ook de nu wel verouderde benaming „menglamp" optreden. Kleine bezwaren voor een werk van zulk een omvang.

Vele lezers zullen een vruchtbaar gebruik van dit boek kunnen maken. Het werd door de uitgever uiterst verzorgd en aantrekkelijk uitgevoerd.

B. T. J. H.

Design of low-noise transistor input circuits, door W. A. Rheinfelder, Iliffe Books Ltd., London, 1964, 160 bladzijden, 107 figuren. Prijs 30 sh.

De schrijver begint met een uiteenzetting over het begrip ruisgetal, en zet de methoden om dit te meten uiteen. Daarna volgt een overzicht van de verschillende oorzaken van ruis in versterkers voor de diverse frequentiebanden. Een bijzondere verdienste van het theoretische deel is gelegen in de eenvoudige behandeling. Een slechte signaal-ruis-verhouding kan ook veroorzaakt worden door kruismodulatie of intermodulatie. Daarom wordt hieraan een hoofdstuk gewijd. Vervolgens wordt het ruisgetal van buizen en transistoren afgeleid voor verschillende basisschakelingen. Het begrip optimale bronimpedantie krijgt voldoende aandacht, evenals de invloed van terugkoppeling (positief en negatief). Grote aandacht is besteed aan het ontwerpen van praktische ruisarme ingangsschakelingen. Hierbij kiest de schrijver zijn voorbeelden zowel uit de Europese als uit de Amerikaanse literatuur. Een uitgebreide bibliografie sluit het boek af (93 verwijzingen).

Dit boek kan van veel nut zijn voor ieder, die met dit onderwerp te maken krijgt, zowel voor de studenten aan Technische Hogescholen, als voor technici met HTS-niveau.

N. van H.

The elements of pulse techniques, door O. H. Davie, Chapman and Hall, London, 1964, 197 bladzijden, 98 figuren. Prijs 35 sh.

Dit boek claimt te geven: "The basic knowledge required to use and understand pulse — operated equipment" en wel benaderd van de praktische kant.

Er worden zeer veel voorbeelden behandeld van puls-generatoren, -versterkers en -toepassingen, waardoor de lezer ingelicht wordt over een groot aantal schakelingen waarin pulsen en rol spelen.

Wie het boek openslaat met de bedoeling met zijn eigen problemen verder te komen stuit op de moeilijkheid dat veel gegevens in een vage vorm verstrekt worden en getallen, over door de verschillende schakelingen geleverde prestaties, ontbreken.

Installaties voor grote pulsvermogens en pulstransformatoren worden niet behandeld; vaak worden meer gegevens over brede-band-apparatuur vermeld dan dat de kenmerkende eigenschap van een impuls n.l. dat deze er meestal niet is, ook in de apparatuur wordt gebruikt.

Voor radiotechnici een geschikte inleiding.

H. G. B.

Simplified modern filter design, door P. R. Geffe, Iliffe Books Ltd., London, 1964, 182 bladzijden, 206 figuren. Prijs 50 sh.

De zogenaamde „moderne" filtertheorie van Cauer, Darlington, Bode, e.a., in tegenstelling tot de „oude" theorie van Campbell en Zobel, heeft nog niet die populariteit onder de grote massa van elektrotechnici genoten die haar eigenlijk toebehoort. Dat de toepassing van de moderne theorie op het ontwerpen van filters zeker niet moeilijker behoeft te zijn dan bij de oude theorie gangbaar was, wordt door de auteur van dit boek op overtuigende wijze aangetoond. Opvallend is, dat de formules die hier gebruikt worden veel eenvoudiger en geringer in aantal zijn dan gebruikelijk is bij de handboeken van de oude theorie. Het boek bestaat uit een aantal tabellen van genormaliseerde „prototype"-gevallen, die de zware wiskunde die bij deze theorie hoort vervangen, en een tekst waar op eenvoudige wijze het gebruik van de tabellen en de transformatie van het genormaliseerde prototype in het door de ontwerper gewenste geval wordt toegelicht. De tabellen bevatten de gevallen: filters volgens Butterworth, verliesvrij, met gelijkmatige dissipatie en met dissiperende spoelen t/m de 10de orde, filters volgens Tsjebysjew met 0,18 dB rimpel in het doorlaatgebied en met 0,9 dB rimpel en gelijkmatige dissipatie t/m de 7de orde, gaussnetwerken (maximaal vlakke groeplooptijd), elliptische-functie-netwerken (Cauer) (overgenomen van de zeer uitgebreide tabellen van Saal en Ulbrich) met 0,18 dB rimpel t/m de 11de orde, en zigzagfilters (banddoorlaat) met 0,18 dB rimpel en van de 6de orde.

Voorts worden praktische wenken gegeven voor het ontwerpen van banddoorlaatfilters, het ontwerpen van egaliserende netwerken (overbrugde —T) voor compensatie van zowel de amplitude- als de faze-karakteristieken, het ontwerpen van spoelen (overgenomen van „Magnetic Metals Co", Bulletin A10) en enkele meetprincipes.

Het is betreurenswaardig te moeten constateren dat de typografie van de tabellen van de elliptische-functie-filters veel te wensen overlaat. Niet alleen is het drukformaat te klein maar ook zijn de cijfers op enkele plaatsen zo zwaar verminkt dat ze niet ondubbelzinnig leesbaar zijn. In enkele gevallen wijken de aanduidingen van de figuren af van de bijbehorende tekst of tabellen. Bij de behandeling van de verfijning van het ontwerpen van banddoorlaat filters zou meer toelichting wenselijk zijn. De tekst is niet altijd eenvoudig voor een lezer die niet vertrouwd is met de theorie. Een merkwaardige definitie van reciprociteit op p. 16 is misleidend en in strijd met de correcte toepassing van het principe in fig. 1.14.

Ondanks deze onvolkomenheden is het boek zeker aanbevelenswaardig voor alle elektronici van het niveau van het NERG-diploma of hoger, die ooit filters moeten ontwerpen en maken. Het zal in de praktijk niet zo vaak voorkomen dat een probleem niet m.b.v. dit boek op te lossen is. Mocht dit echter toch het geval zijn, dan zal een filterspecialist geraadpleegd moeten worden.

K. M. A.

Collision phenomena in ionized gases, door Earl W. McDaniel, J. Wiley & Sons Inc., London and New York, 1964, 775 bladzijden, 336 figuren. Prijs 135 sh.

In verband met de grote activiteit op het gebied van kernfusie-research alsook in verband met problemen samenhangende met raketten, ruimtevaart (re-entry) en ruimteonderzoek (astrofysica) is de interesse in de fysica van geïoniseerde gassen de laatste jaren zeer sterk toegenomen. In feite ondergaat dit vak een soort vernieuwing: De in een vroegere bloeiperiode (tot ± 1950) in zwang zijnde beschrijving in termen van empirische, primair door de experimentele techniek bepaalde, coëfficiënten wordt vervangen door een beschrijving door middel van elementaire botsingsparameters. Tot voor enkele maanden was het laatste boek over deze problematiek het klassieke boek van Massey en Burhop dat in 1951 is geschreven. Er was dus duidelijk plaats voor een moderner boek over deze en/of soortgelijke materie die nu voor een deel op waarlijk voortreffelijke wijze door McDaniels boek wordt ingenomen.

Het boek bevat de volgende hoofdstukken:

1. Fundamental concepts;
2. Background information from the kinetic theory of gases;
3. The theory of elastic scattering in a central force field;
4. Measurement and calculation of elastic scattering cross sections;
5. Ionization and excitation by electron impact;
6. Inelastic collisions between heavy particles;
7. Photoabsorption in gases;
8. Negative ions;
9. The mobility of gaseous ions;
10. Diffusion of electrons and ions;
11. Electronic energy distributions and drift velocities;
12. Recombination;
13. Surface phenomena.

Bij de presentatie van dit materiaal had de schrijver duidelijk een tweeledig doel voor ogen. In de eerste plaats de samenstelling van een studieboek voor zich specialiserende studenten (graduate level text book) maar in de tweede plaats ook het brengen van een modern naslagwerk voor onderzoekers op dit gebied. Dit is uiteraard een zeer gevaarlijke poging maar naar mening van de recensent is de schrijver er bewonderenswaardig ver mee gekomen. Dit is o.a. bereikt door in het algemeen bij de behandeling van een bepaald onderwerp eerst de algemene fysische aspecten te behandelen zodat de lezer met het basismechanisme vertrouwd raakt. Daarna volgt meestal een overzicht over de verschillende experimentele methodes die ter beschikking staan om de behandelde verschijnselen of grootheden te meten. Hierbij wordt zeer kritisch en uitvoerig te werk gegaan zonder de modernste ontwikkelingen (tot ongeveer medio 1963) te vergeten. Hierbij, en ook

bij de presentatie van de gemeten resultaten komt duidelijk het karakter van naslagwerk naar voren waarbij al te overvloedige presentatie van gegevens vermeden is door zeer vele verwijzingen, eveneens tot medio 1963. Pas hierna volgt meestal de theoretische behandeling. De betoogtrant van de theoretische gedeelten is helder o.a. door een intelligent gebruik van voetnoten waarin de „maars" worden vermeld en de puntjes op de i worden gezet.

Natuurlijk kan een recensent ook op een zeer geslaagd boek nog aanmerkingen maken; maar dan vervalt hij in kleinigheden in de trant van: de theorie van inelastische elektron-atoom-botsingen zou in hoofdstuk 5 moeten staan en niet, zoals het geval is, pas in hoofdstuk 6 waar het volgens de titel echt niet thuis hoort, of hij komt op smaakkwesties terecht die doen opmerken dat de behandeling van ionisatie door het Penning-effect veel te mager is gezien het belang van het onderwerp.

Voor de rest, een uitstekend boek, helder van betoogtrant en typografie, uitvoerig in gegevens, verwijzingen en register.

H. J. G. M.

Radio Wave Propagation, v.h.f. and above, door P. A. Matthews, Chapman and Hall Ltd., London, 1965, 155 bladzijden, 47 figuren. Prijs 28 sh.

Het is zeker geen eenvoudige opgave om in zo kort bestek de propagatie van radiogolven voor het frequentiegebied van 30—300.000 MHz te behandelen. De beknoptheid van het boekje hangt samen met het doel van de serie waarin het werd opgenomen (Modern electrical studies) n.l. juist in de beknopte vorm een overzicht te geven van gehele vakgebieden.

De schrijver heeft zich beperkt tot de verschillende mechanismen die bij de propagatie in dit frequentiegebied een rol kunnen spelen, de praktische kant van de propagatie zoals het statistisch gedrag van de veldsterkte wordt nagenoeg niet aangeroerd. Formules worden meestal geponeerd zonder afleiding, hiervoor zal de lezer indien hij daaraan behoefte heeft gebruik moeten maken van de referenties die aan het slot van elk hoofdstuk zijn vermeld.

Het laatste hoofdstuk geeft een overzicht van de verschillende toepassingen voor elk deel van het behandelde spectrum, het voorlaatste hoofdstuk behandelt ruisproblemen.

Het boekje is te zien als een aardige inleiding tot het interessante propagatievak.

L. K.

Uit het N.E.R.G.

EXAMENCOMMISSIE

Verslag van het examen Radiotechnicus en Radiomonteur gehouden in het NAJAAR 1964.

RADIOMONTEUR

Het schriftelijk examen werd gehouden op 5 oktober 1964.

De mondelinge examens vonden plaats op 23, 24 november, 10 en 11 december 1964.

SCHRIFTELIJK

deelgenomen	afgewezen
212	117

MONDELING

deelgenomen	afgewezen	herexamen	geslaagd
95	42	4	49

HEREXAMEN

deelgenomen	afgewezen	geslaagd
4	1	3

RADIOTECHNICUS

Het examen EERSTE DEEL (schriftelijk) werd gehouden op 12 oktober 1964. De examens voor het TWEEDE DEEL vonden plaats op 30 nov., 1 en 14 december 1964.

EERSTE DEEL (schriftelijk)

deelgenomen	afgewezen	geslaagd
204	147	57

TWEEDE DEEL (mondeling en praktisch)

deelgenomen	afgewezen	herexamen	geslaagd
66	28	6	32

Aan candidaat Radiotechnicus: T. J. Edelschaap, Leidschendam, werd de WERA-fonds examenprijs toegekend.

NIEUWE LEDEN

Ir. J. I. Boukema, Timorstraat 21, Delft.
Ir. J. H. Hendriks, Offenbachstraat 104, Eindhoven.
Ir. M. Kunst, Radiolaan 33, Huizen (N.H.).
Ir. H. J. Suermondt, Sophialaan 21, Hilversum.
Ir. H. Tendeloo, Schaepmanlaan 106, Baarn.

VOORGESTELDE LEDEN

Ir. F. Th. Backers, Helmerslaan 81, Eindhoven.
Ir. D. H. Bekkering, p/a Medisch Fysisch Instituut-TNO, Da Costakade 45, Utrecht.
Th. W. Brink, Zaanstraat 70, Leiden.
Ir. A. van Brink, Diependaalse Drift 23, Hilversum.
Ir. L. J. M. Esser, St. Gerardusplein 12, Eindhoven.
Ir. J. M. Helder, Emmastraat 113a, Loosduinen.
Ir. L. H. M. Knops, Wilhelminalaan 87, Maasniel-Roermond.
W. le Maire, Vincent Cleerdinlaan 12, Aalst (N.B.).
Ir. F. H. Th. Pruyn, Jacoba van Beierenlaan 225, Delft.
Ir. C. J. F. Ridders, Breestraat 39, Delft.
Ir. T. J. Schep, Stieltjeslaan 16b, Rotterdam.
Ir. S. J. Valkenburg, Groesstraat 24, Geldrop.
Ir. L. A. J. Verhoeven, Waardstraat 9, Geldrop.
A. J. R. Westbroek, Steenzicht 115, Den Haag.
J. Wieringa, Witte Singel 10, Leiden.

NIEUWE ADRESSEN VAN LEDEN

Ir. L. Blok, Vincent Cleerdinlaan 30, Waalre.
Ir. J. C. A. van Gessel, v. Beethovenlaan 125, Voorschoten.
Ir. L. Krul, Fazantlaan 7, Leidschendam.
Ir. R. F. A. Mugie, Verboeckhorststraat 2, Venlo-W.
Dr. E. Oosterhuis, ,,'t Velthuijs'', flat 301, Bosweg, Hattem.
Ir. G. Rosier, Loosdrechtseweg 117, Hilversum.
Ir. R. J. K. Schaaf, van Stienhovenstraat 27, Den Haag.
Ir. E. Scholten, Mastboslaan 1, Waalre.
W. P. Stiekema, Ing., Karl Marxstraat 51, Rotterdam-25.
Ir. A. C. Veldhuis, Box 210 RD, West Chester, Pa., U.S.A.
Ir. J. Verstraten, Neerlandstraat 1B, Geldrop.
Ir. C. A. Vissers, Nassau Dillenburgstraat 4, Sneek.

BEDANKT ALS LID

Ir. A. Cramwinckel, Christiaan de Wetlaan 1, Hilversum.

Dit nummer werd gedrukt op 6 mei 1965.